

**MANAJEMEN PENGHAWAAN ALAMI DAN BUATAN  
PADA MASJID OLEAN SITUBONDO**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR  
LABORATORIUM SAINS TEKNOLOGI BANGUNAN**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Arsitektur



**TITA MAHARANI  
NIM. 175060500111025**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2021**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**MANAJEMEN PENGHAWAAN ALAMI DAN BUATAN PADA MASJID**  
**OLEAN SITUBONDO**

**SKRIPSI**

PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR  
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Arsitektur



**TITA MAHARANI**  
**NIM. 175060500111025**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal 16 Juli 2021

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Sarjana Arsitektur



*Dr. Tita Yunita*  
Dr. Tita Yunita Titisari, ST., MT.  
NIP 19750627 200012 2 001

Dosen Pembimbing

*Wasiska*

Wasiska Iyati, ST., MT.  
NIP 19870504 201903 2 014

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang0undangan yang berlaku (UU No.20 tahun 2003 pasal 25 ayat 2 dan pasal 70)

Situbondo, 18 Juni 2021

Mahasiswa,



Tifa Maharani

NIM 175060500111025





**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM SARJANA**



## **SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI**

Nomor : 326 /UN10.F07.15/PP/2021

Sertifikat ini diberikan kepada :

**TITA MAHARANI**

Dengan Judul Skripsi :

**MANAJEMEN PENGHAWAAN ALAMI DAN BUATAN PADA MASIJD OLEAN SITUBONDO**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi  $\leq 20\%$ , dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal **21 Juli 2021**

Ketua Jurusan Arsitektur



Dr. Eng. Ir. Herry Santosa, ST., MT., IPM  
NIP. 19730525 200003 1 004

Ketua Program Studi S1 Arsitektur

Dr. Ema Yunita Titisari, ST., MT  
NIP. 19750627 200012 2 001





KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN ARSITEKTUR

Jl. Mayjend Haryono No. 167 MALANG 65145 Indonesia


Telp. : +62-341-567486 ; Fax : +62-341-567486

<http://arsitektur.ub.ac.id>

E-mail : arsfutub@ub.ac.id

**LEMBAR HASIL  
DETEKSI PLAGIASI SKRIPSI**

Nama : Tita Maharani  
NIM : 175060500111025  
Judul Skripsi : Manajemen Penghawaan Alami dan Buatan pada Masjid  
Olean Situbondo  
Dosen Pembimbing : Wasiska Iyati, ST., MT.  
Periode Skripsi : Semester Genap 2020/2021  
Alamat Email : titaaa.maharani@yahoo.co.id

Tanggal	Deteksi Plagiasi ke-	Plagiasi yang terdeteksi (%)	TTD Petugas Plagiasi
20 Juli 2021	1	12%	
	2		
	3		

Malang, 20 Juli 2021

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

Kepala Laboratorium  
Dokumentasi dan Tugas Akhir



**Wasiska Iyati, ST, MT**  
NIP. 198705042019032014

**Wasiska Iyati, ST, MT**  
NIP. 198705042019032014

Keterangan:

1. Batas maksimal plagiasi yang terdeteksi adalah sebesar 20%
2. Hasil lembar deteksi plagiasi skripsi dilampirkan pada hard copy skripsi bagian belakang setelah surat Pernyataan Orisinalitas dan Sertifikat Bebas Plagiasi

## RINGKASAN

Manajemen penghawaan bangunan bertujuan untuk mengurangi konsumsi energi bangunan dan kenyamanan termal. Salah satu pengembangan sistem penghawaan bangunan yaitu sistem penghawaan *hybrid* yang menggabungkan penghawaan alami dan buatan. Masjid Olean merupakan salah satu pusat aktivitas keagamaan di Situbondo. Masjid ini menggunakan dua sistem penghawaan alami dan buatan sehingga untuk mencapai kenyamanan termal perlu adanya manajemen penghawaan yang baik. Simulasi eksperimental dilakukan menggunakan skenario penghawaan alami dan buatan untuk menemukan rekomendasi manajemen penghawaan yang sesuai. Metode Penelitian menggunakan metode kuantitatif deskriptif dan metode eksperimental dengan Teknik simulasi digital menggunakan *software Energy2D*. hasil dari simulasi menggunakan skenario penghawaan menunjukkan saat menggunakan ventilasi alami dan kipas angin dengan kecepatan kipas angin 0.4 m/s dapat menciptakan temperatur ruang di kategori optimal nyaman. Sedangkan penggunaan AC dengan kecepatan kipas AC 0.4 m/s dan temperatur AC 26 °C dapat menciptakan temperatur ruang di kategori hangat nyaman.

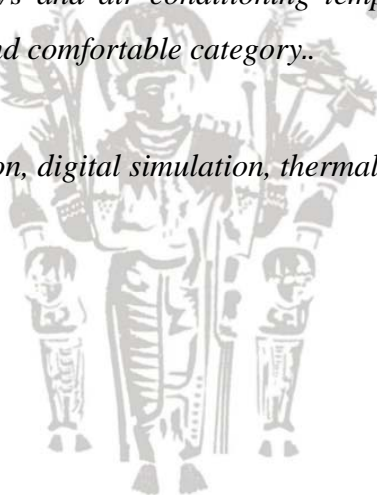
Kata kunci : pengahawaan *hybrid*, simulasi digital, kenyamanan termal



## SUMARRY

*Building ventilation management aims to minimize the building's energy consumption and thermal comfort. One of the ventilation developments is hybrid ventilation that combines natural and mechanical ventilation. The Olean Mosque is one of the centers of religious activity in Situbondo. The mosque uses both systems ventilation, in order to achieve thermal comfort it is necessary to have proper ventilation management. Experimental simulation were carried out using natural and mechanical ventilation scenarios to find the suitable ventilation management recommendations. This research was conducted by descriptive quantitative method and experimental method with digital simulation techniques using Energy2D software. The results of simulations using natural and artificial ventilation scenarios show that when using natural ventilation and fan with the setting fan speed of 0.4 m/s, it can create room temperature in the optimally comfortable category. While using air conditioning with the setting fan speed of 0.4 m/s and air conditioning temperature of 26 °C can create room temperature in the warm and comfortable category..*

*Keywords: hybrid ventilation, digital simulation, thermal comfort*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis sampaikan atas kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi dengan judul “Manajemen Penghawaan Alami dan Buatan pada Masjid Desa Olean Situbondo” dengan baik dan lancar.

Penulisan skripsi ini ditujukan untuk memenuhi syarat dalam nilai kelulusan mata kuliah Skripsi pada Program S1 Jurusan Arsitektur, fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan serta dukungan banyak pihak, sehingga pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung secara moril maupun material baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini. Khususnya kepada :

1. Orang tua yang selalu memberikan doa dan dukungan di setiap langkah yang diambil penulis.
2. Ibu Wasiska Iyati, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing yang sudah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Jono Wardoyo, ST., MT., selaku Dosen Penguji lab. Keilmuan
4. Bapak Agung Murti Nugroho, ST., MT., PhD selaku Dosen Penguji lab. Keilmuan
5. Bapak Ary Deddy Putranto, ST., MT., selaku Dosen Penasehat Akademik
6. Semua teman satu angkatan, anggota grup gohar, haechan, choso, takemichi dan semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Saya selaku penulis menyadari skripsi ini tidak luput dari berbagai kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan. Penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi menjadi lebih baik dan dapat bermanfaat bagi banyak pihak. Aamin.

Situbondo, 1 Juni 2021

Tita maharani



## DAFTAR ISI

<b>PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Identifikasi Masalah .....	3
1.3. Rumusan Masalah .....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Tujuan Penelitian.....	3
1.6. Manfaat Penelitian.....	4
1.7. Sistematika Penulisan.....	4
1.8. Kerangka Pemikiran.....	5
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Tinjauan Umum Masjid .....	6
2.2 Karakteristik Iklim Tropis Lembap.....	6
2.3 Adaptasi Tanggap Tropis Lembap .....	7
2.4 Prinsip Desain Penghawaan Campuran .....	15
2.5 Standar Kenyamanan Termal .....	19
2.6 Simulasi Aliran Udara Bangunan dengan Software Digital.....	21
2.7 Penelitian Terdahulu .....	23
2.8 Kerangka Teori.....	25
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>26</b>
3.1 Metode Umum.....	26
3.2 Menentukan objek penelitian Jenis dan Metode Pengumpulan Data.....	26
3.3 Lokasi penelitian .....	27
3.4 Objek penelitian .....	27
3.5 Waktu penelitian .....	27
3.6 Jenis dan Metode Pengumpulan Data .....	28
3.7 Metode Analisis Data.....	42
3.8 Instrumen Penelitian.....	43
3.9 Parameter Penelitian.....	43

3.10	Kerangka Penelitian.....	44
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>45</b>
4.1	Gambaran Umum Objek Penelitian.....	45
4.2	Deskripsi Objek Penelitian.....	45
4.3	Kondisi eksisting objek penelitian.....	47
4.4	Hasil Pengukuran.....	51
4.5	Batasan Kondisi Simulasi.....	53
4.6	Validasi perbandingan hasil pengukuran.....	56
4.7	Simulasi menggunakan Energy2D.....	57
<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>		<b>164</b>
5.1	Kesimpulan.....	164
5.2	Saran.....	164
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>166</b>





## DAFTAR TABEL


Tabel 2.1 Spesifikasi material.....	13
Tabel 2.2 <i>Shading coefficient</i> kaca.....	15
Tabel 2.3 Skala <i>beaufort</i> .....	20
Tabel 2.4 Senelitian terdahulu.....	23
Tabel 3.1 Referensi penelitian terdahulu dalam penyusunan skenario.....	30
Tabel 3.2 Referensi penelitian sebelumnya dalam penentuan besar variabel.....	31
Tabel 3.3 Skenario simulasi eksperimental.....	31
Tabel 3.4 Visualisasi rekomendasi desain pada simulasi.....	34
Tabel 3.5 Kesesuaian kriteria potongan dengan skenario.....	36
Tabel 3.6 Kondisi alternatif potongan.....	37
Tabel 4.1 Sistem ventilasi alami dan buatan di masjid olean.....	45
Tabel 4.2 Penggunaan ventilasi alami dan buatan di masjid olean.....	46
Tabel 4.3 Analisis dimensi bukaan masjid.....	47
Tabel 4.4 Hasil pengukuran penelitian.....	50
Tabel 4.5 Rata-rata temperatur, kelembapan dan kecepatan angin.....	51
Tabel 4.6 Batasan kondisi simulasi.....	52
Tabel 4.7 Perbandingan hasil pengukuran survei dan simulasi.....	52
Tabel 4.8 <i>Relative error</i> temperatur ruang.....	53
Tabel 4.9 Hasil simulasi pukul 11.30 skenario 1.....	54
Tabel 4.10 Hasil simulasi pukul 11.30 skenario 2.....	56
Tabel 4.11 Hasil simulasi pukul 11.30 skenario 3.....	57
Tabel 4.12 Hasil simulasi pukul 11.30 skenario 4.....	59
Tabel 4.13 Hasil simulasi pukul 11.30 skenario 5.....	61
Tabel 4.14 Hasil simulasi pukul 11.30 skenario 6.....	63
Tabel 4.15 Hasil simulasi pukul 11.30 skenario 7.....	65
Tabel 4.16 Hasil simulasi pukul 11.30 skenario 8.....	67
Tabel 4.17 Hasil simulasi pukul 11.30 skenario 9.....	69
Tabel 4.18 Hasil simulasi pukul 11.30 skenario 10.....	71
Tabel 4.19 Hasil simulasi pukul 11.30 skenario 11.....	73
Tabel 4.20 Hasil simulasi pukul 11.30 skenario 12.....	75
Tabel 4.21 Hasil simulasi pukul 11.30 skenario 13.....	77
Tabel 4.22 Hasil simulasi pukul 11.30 skenario 14.....	79
Tabel 4.23 Hasil simulasi pukul 14.45 skenario 1.....	81
Tabel 4.24 Hasil simulasi pukul 14.45 skenario 2.....	83

4.35 Hasil simulasi pukul 14.45 skenario 13 .....

4.36 Hasil simulasi pukul 14.45 skenario 14 .....

4.37 Hasil simulasi temperatur udara pukul 11.30 dan 14.45 .....

4.38 Hasil simulasi kecepatan aliran udara pukul 11.30 dan 14.45 .....





## DAFTAR GAMBAR

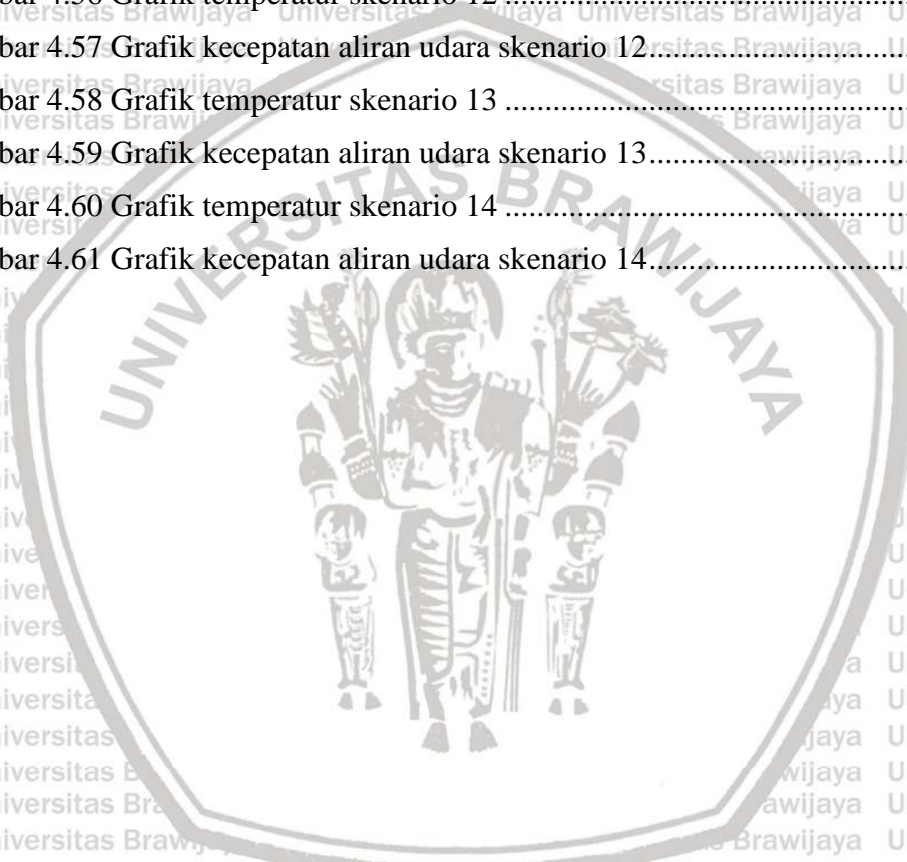
Gambar 2.1 Orientasi bangunan terhadap matahari.....	8
Gambar 2.2 Orientasi bangunan terhadap matahari dan angin.....	8
Gambar 2.3 Ilustrasi bukaan dengan dimensi yang berbeda.....	9
Gambar 2.4 Pembayangan oleh bangunan itu sendiri.....	9
Gambar 2.5 <i>Horizontal screening</i> .....	10
Gambar 2.6 <i>Vertical screening</i> .....	10
Gambar 2.7 Tipe <i>egg-crate</i> .....	11
Gambar 2.8 <i>Mashrabiya</i> .....	11
Gambar 2.9 Pergola, balkon dan <i>loggias</i> .....	12
Gambar 2.10 Refleksi, penyerapan dan emisi ulang.....	12
Gambar 2.11 Ilustrasi bukaan dengan dimensi yang berbeda.....	18
Gambar 2.12 Prinsip ventilasi <i>hybrid</i> .....	19
Gambar 2.13 <i>Bioclimatic chart olgyay</i> .....	20
Gambar 2.14 Tampilan analisis <i>airflow</i> menggunakan <i>Energy2D</i> .....	22
Gambar 3.1 Peta lokasi masjid desa olean.....	27
Gambar 3.2 Foto kondisi eksisiting masjid desa olean.....	27
Gambar 3.3 Titik ukur kecepatan angin.....	29
Gambar 3.4 Titik ukur temperatur dan kelembapan.....	29
Gambar 3.5 Visualisasi potongan bangunan pada <i>software</i> .....	33
Gambar 3.6 Titik penempatan AC pada objek penelitian.....	35
Gambar 3.7 Potongan bangunan.....	36
Gambar 3.8 Titik pengamatan pada lantai 1 dan 2.....	38
Gambar 3.9 Visualisasi rekomendasi desain bukaan masjid.....	40
Gambar 4.1 Peta lokasi masjid desa olean.....	44
Gambar 4.2 Orientasi bangunan.....	47
Gambar 4.3 Potongan bangunan memperlihatkan <i>self-shading</i> .....	48
Gambar 4.4 Kisi-kisi pada masjid olean situbondo.....	49
Gambar 4.5 Eksterior masjid olean situbondo.....	49
Gambar 4.6 Grafik temperatur skenario 1.....	53
Gambar 4.7 Grafik kecepatan aliran udara skenario 1.....	54
Gambar 4.8 Grafik temperatur skenario 2.....	55
Gambar 4.9 Grafik kecepatan aliran udara skenario 2.....	55
Gambar 4.10 Grafik temperatur skenario 3.....	57
Gambar 4.11 Grafik kecepatan aliran udara skenario 3.....	57



Gambar 4.12 Grafik temperatur skenario 4.....	59
Gambar 4.13 Grafik kecepatan aliran udara skenario 4.....	59
Gambar 4.14 Grafik temperatur skenario 5.....	61
Gambar 4.15 Grafik kecepatan aliran udara skenario 5.....	61
Gambar 4.16 Grafik temperatur skenario 6.....	63
Gambar 4.17 Grafik kecepatan aliran udara skenario 6.....	63
Gambar 4.18 Grafik temperatur skenario 7.....	65
Gambar 4.19 Grafik kecepatan aliran udara skenario 7.....	65
Gambar 4.20 Grafik temperatur skenario 8.....	67
Gambar 4.21 Grafik kecepatan aliran udara skenario 8.....	67
Gambar 4.22 Grafik temperatur skenario 9.....	69
Gambar 4.23 Grafik kecepatan aliran udara skenario 9.....	69
Gambar 4.24 Grafik temperatur skenario 10.....	71
Gambar 4.25 Grafik kecepatan aliran udara skenario 10.....	71
Gambar 4.26 Grafik temperatur skenario 11.....	73
Gambar 4.27 Grafik kecepatan aliran udara skenario 11.....	73
Gambar 4.28 Grafik temperatur skenario 12.....	75
Gambar 4.29 Grafik kecepatan aliran udara skenario 12.....	75
Gambar 4.30 Grafik temperatur skenario 13.....	77
Gambar 4.31 Grafik kecepatan aliran udara skenario 13.....	77
Gambar 4.32 Grafik temperatur skenario 14.....	79
Gambar 4.33 Grafik kecepatan aliran udara skenario 14.....	79
Gambar 4.34 Grafik temperatur skenario 1.....	81
Gambar 4.35 Grafik kecepatan aliran udara skenario 1.....	81
Gambar 4.36 Grafik temperatur skenario 2.....	83
Gambar 4.37 Grafik kecepatan aliran udara skenario 2.....	83
Gambar 4.38 Grafik temperatur skenario 3.....	85
Gambar 4.39 Grafik kecepatan aliran udara skenario 3.....	85
Gambar 4.40 Grafik temperatur skenario 4.....	87
Gambar 4.41 Grafik kecepatan aliran udara skenario 4.....	87
Gambar 4.42 Grafik temperatur skenario 5.....	89
Gambar 4.43 Grafik kecepatan aliran udara skenario 5.....	89
Gambar 4.44 Grafik temperatur skenario 6.....	91
Gambar 4.45 Grafik kecepatan aliran udara skenario 6.....	91
Gambar 4.46 Grafik temperatur skenario 7.....	93



Gambar 4.47 Grafik kecepatan aliran udara skenario 7.....	93
Gambar 4.48 Grafik temperatur skenario 8.....	95
Gambar 4.49 Grafik kecepatan aliran udara skenario 8.....	95
Gambar 4.50 Grafik temperatur skenario 9.....	97
Gambar 4.51 Grafik kecepatan aliran udara skenario 9.....	97
Gambar 4.52 Grafik temperatur skenario 10.....	99
Gambar 4.53 Grafik kecepatan aliran udara skenario 10.....	99
Gambar 4.54 Grafik temperatur skenario 11.....	101
Gambar 4.55 Grafik kecepatan aliran udara skenario 11.....	101
Gambar 4.56 Grafik temperatur skenario 12.....	103
Gambar 4.57 Grafik kecepatan aliran udara skenario 12.....	103
Gambar 4.58 Grafik temperatur skenario 13.....	105
Gambar 4.59 Grafik kecepatan aliran udara skenario 13.....	105
Gambar 4.60 Grafik temperatur skenario 14.....	107
Gambar 4.61 Grafik kecepatan aliran udara skenario 14.....	107



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Denah lantai 1 .....	166
Lampiran 2 Denah lantai 2 .....	167
Lampiran 3 Potongan bangunan A - A' .....	168
Lampiran 4 Potongan bangunan B - B' .....	169
Lampiran 5 Tampak bangunan sisi selatan .....	170
Lampiran 6 Tampak bangunan sisi timur .....	171
Lampiran 7 Detail pintu .....	172
Lampiran 8 Detail jendela .....	173
Lampiran 9 Detail kisi - kisi .....	174
Lampiran 10 Detail jendela dengan jalusi otomatis .....	175
Lampiran 11 Detail kisi – kisi dengan jalusi otomatis .....	176
Lampiran 12 Catatan revisi pembimbing dan penguji .....	177
Lampiran 13 Form ceklis revisi .....	178





## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Akhir tahun 2019 *Institute of Virology Wuhan* melakukan penelitian yang bertujuan guna mengidentifikasi virus baru yang kemudian mereka sebut dengan *novel coronavirus 2019 (nCoV-2019)*. Saat ini virus ini dikenal secara umum dengan istilah *coronavirus disease-19 (COVID-19)* (Parwanto, 2020). Beberapa negara telah mengkonfirmasi kasus positif COVID-19 di beberapa negara Asia dalam jangka waktu beberapa hari (Kemenkes Indonesia, 2020). Penyebaran virus antar negara menjadi sangat cepat antar negara, pada 11 Maret 2020, WHO mengumumkan virus COVID-19 sebagai pandemi global.

Badan Kesehatan Dunia (WHO) telah mengkonfirmasi penularan virus COVID-19 juga dapat menular melalui udara atau dapat disebut dengan *airborne*. Penularan virus COVID-19 melalui udara dapat terjadi terutama di tempat dalam ruangan dengan ventilasi yang buruk (WHO, 2020). Fasilitas umum diharapkan mulai mulai mengoptimalkan sistem penghawaan udara yang baik sehingga terjadi pertukaran udara di dalam ruangan dengan udara segar di luar ruangan.

Kabupaten Situbondo dikenal sebagai salah satu kota santri di Jawa Timur. Kegiatan keagamaan yang sebelumnya ditutup di masa PSBB, akhirnya dioperasikan kembali. Berdasarkan Peraturan Bupati Nomor 45 Tahun 2020 tentang Penerapan Disiplin dan Penegakan Hukum Protokol Kesehatan sebagai Upaya Pencegahan dan Pengendalian *Corona Virus Disease 2019* di Kabupaten Situbondo menjelaskan mengenai protokol kesehatan pada tempat dan fasilitas umum meliputi tempat ibadah di era *New Normal* ini.

Penerapan *New Normal* nyatanya tidak berjalan dengan lancar. Dikutip dari laman berita Surabaya.bisnis.com (Antara, 2020) Sebanyak 43 jemaah masjid di Desa Olean, Situbondo, Jawa Timur terkonfirmasi positif COVID-19. Juru Bicara Gugus Tugas Percepatan Penanganan COVID-19 Situbondo, Abu Bakar Abdi menjelaskan bahwa dari 56 terkonfirmasi COVID-19, 43 pasien berasal dari kelompok Jemaah masjid di Desa Olean, membuat pasien yang berasal dari Jemaah masjid di Desa Olean menjadi kelompok paling banyak penularan virus COVID-19 di Situbondo.

Masjid Desa Olean atau Masjid Jami' Baiturrahman yang terletak di Jl. Sucipto Desa Olean sering kali dijadikan sebagai pusat kegiatan keagamaan di Desa Olean. Kegiatan sholat tarawih berjamaah tetap dilaksanakan di Masjid Olean selama masa *New Normal* dan dihadiri oleh masyarakat sekitar. Masjid memiliki luas 248 m<sup>2</sup> dan dua lantai yang



mampu menampung 150 - 200 jamaah, peraturan pembatasan pengguna sebanyak 50% membuat jamaah yang diperbolehkan sholat tarawih di masjid sebanyak 75 – 100 orang saja. Penggunaan masker pada saat melakukan ibadah juga diterapkan, namun terdapat beberapa jamaah yang membuka masker di tengah kegiatan sholat tarawih dengan alasan pengap.

Berdasarkan hasil observasi langsung di lapangan, sistem penghawaan pada masjid menggunakan *Air Conditioning (AC) split* sebanyak 8 buah dan kipas angin sebanyak 6 buah untuk lantai bawah ( $189 \text{ m}^2$ ) dan 4 buah *AC split* untuk lantai atas ( $212 \text{ m}^2$ ). Terdapat bukaan jendela di ketiga sisi bangunan, namun tidak difungsikan dengan maksimal. Hanya bukaan pintu saja yang dibuka untuk fungsi sirkulasi, jendela dan kisi kisi dalam kondisi tertutup.

Manajemen penghawaan bertujuan untuk mengurangi konsumsi energi bangunan dan menjaga kenyamanan termal tetap tercapai. Beberapa tahun belakangan ini penghawaan alami dan penghawaan buatan dikembangkan secara terpisah. Pengembangan kedua sistem penghawaan berfokus pada upaya untuk meminimalisir penggunaan energi dan menjaga kenyamanan di dalam ruangan. Pengembangan selanjutnya mencapai pengembangan konsep penghawaan yang memanfaatkan kombinasi komponen dan fitur terbaik dari setiap sistem untuk membuat jenis sistem ventilasi campuran yaitu gabungan dari sistem penghawaan alami dan buatan yaitu (Hybrid Ventilation Centre, 2002).

Letak Situbondo yang berada antara  $7^{\circ} 35' - 7^{\circ} 44'$  Lintang Selatan dan  $113^{\circ} 30' - 114^{\circ} 42'$  Bujur Timur membuat iklim di Kabupaten Situbondo tergolong tropis lembap. Area tropis lembap memiliki perbedaan temperatur yang tidak terlalu jauh antara siang dan malam hari, hal ini mengakibatkan pergerakan anginnya rendah (Karyono, 2016). Kondisi ini membuat tidak dapat bergantung sepenuhnya pada penghawaan alami. Untuk mencapai kualitas udara yang baik maka diperlukan bantuan penghawaan buatan dengan menggunakan sistem penghawaan campuran, yaitu sistem penghawaan menggunakan kombinasi penghawaan buatan dan alami.

Dengan menggunakan skenario penghawaan alami dan buatan pada Masjid Olean, dilakukan simulasi eksperimental dengan menggunakan skenario penghawaan buatan dan alami pada Masjid Olean untuk dapat mengetahui kinerja sistem penghawaan alami dan buatan untuk dapat memperkirakan strategi desain berdasarkan perbandingan hasil simulasi tiap skenario pada Masjid Olean Situbondo.



## 1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan pada latar belakang yang telah dijelaskan diatas, maka masalah yang akan diangkat dalam penelitian ini, diantaranya:

1. Ventilasi alami Masjid Olean hanya mengoperasikan pintu dan kisi – kisi saja untuk pertukaran udara di dalam ruangan dan udara segar di luar ruangan.
2. Posisi perletakan unit tata udara buatan tidak memperhatikan area dan zona aktivitas manusia dalam bangunan.
3. Objek studi menggunakan AC tapi masih terdapat beberapa bukaan ventilasi yang dibuka.

## 1.3. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang didapat dari identifikasi permasalahan dari latar belakang, diantaranya:

1. Bagaimana kondisi eksisting kinerja penghawaan pada Masjid Olean Situbondo melalui pengukuran dan simulasi?
2. Bagaimana manajemen penghawaan alami dan buatan Masjid Olean Situbondo untuk meningkatkan kualitas udara dalam bangunan melalui pengukuran dan simulasi?

## 1.4. Batasan Masalah

Untuk dapat fokus pada penelitian, peneliti membatasi permasalahan yang sudah diuraikan diatas sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di Masjid Jami Baiturrahman Desa Olean, Jl. Sucipto Olean Tengah, Kec. Situbondo, kabupaten Situbondo, Jawa Timur 68316
2. Objek bangunan dievaluasi perihal aspek penghawaan udara dalam bangunan
3. Metode penelitian yang digunakan menggunakan metode kuantitatif deskriptif dan metode eksperimental.
4. Waktu penelitian dimulai tanggal 21 Maret 2021 sampai dengan 25 maret 2021 saat waktu sholat fardhu.

## 1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini, diantaranya:

1. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi eksisting kinerja penghawaan pada Masjid Olean Situbondo melalui pengukuran dan simulasi.



2. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi perbaikan manajemen penghawaan alami dan buatan Masjid Olean Situbondo untuk meningkatkan kualitas udara dalam bangunan melalui pengukuran dan simulasi.

#### **1.6. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang bisa didapat dari penelitian ini, diantaranya:

1. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam perancangan sistem penghawaan bangunan publik.
2. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan kembali untuk penelitian selanjutnya mengenai sistem penghawaan bangunan publik dengan fungsi sejenis.

#### **1.7. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan dari penelitian ini dilakukan secara berurutan dari bab 1 hingga 5, sebagai berikut:

##### **1. BAB I: PENDAHULUAN**

Bagian pendahuluan langkah awal dalam penelitian yang berisikan sub bab latar belakang, identifikasi masalah, rumusan masalah, lingkup permasalahan, tujuan dan manfaat penelitian. Semua dijelaskan secara detail dan sistematis

##### **2. BAB II: TINJAUAN PUSTAKA**

Bagian Tinjauan pustaka memuat studi literatur sebagai dasar argumentasi secara ilmiah. Literatur yang digunakan harus sahih dan hasil penelitiannya telah diuji kebenarannya.

##### **3. BAB III: METODE PENELITIAN**

Bagian metode penelitian menjelaskan bagaimana kajian akan dilakukan. Hal ini memuat metode yang akan digunakan, instrument yang akan digunakan dan Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini.

##### **4. BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bagian hasil dan pembahasan memuat proses mengolah data yang didapat dan disesuaikan dengan kajian teori yang sudah dikumpulkan pada bab sebelumnya.

##### **5. BAB V: PENUTUP**

Bagian penutup memuat kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran yang dapat membantu untuk penelitian selanjutnya.



## 1.8. Kerangka Pemikiran

### LATAR BELAKANG

1. Manajemen penghawaan bertujuan untuk mengurangi konsumsi energi bangunan dan kenyamanan termal.
2. Masjid Olean Situbondo menggunakan dua jenis penghawaan yaitu buatan dan alami.
3. Iklim Kabupaten Situbondo tergolong tropis lembap. Perbedaan temperatur yang tidak jauh antara siang dan malam mengakibatkan pergerakan angin yang rendah



### IDENTIFIKASI MASALAH

1. Ventilasi Masjid Olean Situbondo tidak digunakan dengan maksimal untuk pertukaran udara di dalam ruangan dan udara segar di luar ruangan.
2. Tata udara buatan yang kurang memperhatikan posisi perletakan unit penyebar udara terhadap area dan zona aktivitas manusia dalam bangunan.
3. Objek studi menggunakan AC tapi masih terdapat beberapa bukaan ventilasi yang dibuka



### RUMUSAN MASALAH

1. Bagaimana kondisi eksisting kinerja penghawaan pada Masjid Olean Situbondo?
2. Bagaimana manajemen penghawaan alami dan buatan Masjid Olean Situbondo untuk meningkatkan kualitas udara dalam bangunan?



### BATASAN MASALAH

1. Penelitian dilakukan di Masjid Jami Baiturrahman Desa Olean
2. Objek bangunan dievaluasi perihal aspek penghawaan udara dalam bangunan
3. Metode penelitian menggunakan metode kuantitatif deskriptif dan metode eksperimental.
4. Waktu penelitian dimulai tanggal 21 Maret 2021 sampai dengan 25 maret 2021



### TUJUAN PENELITIAN

1. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi eksisting kinerja penghawaan pada Masjid Olean Situbondo melalui pengukuran dan simulasi.
2. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi perbaikan manajemen penghawaan alami dan buatan Masjid Olean Situbondo untuk meningkatkan kualitas udara dalam bangunan melalui pengukuran dan simulasi.



### PENELITIAN

Manajemen Penghawaan Alami dan Buatan pada Masjid Olean Situbondo

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tinjauan Umum Masjid

#### 2.1.1 Pengertian umum

Menurut Mustaming (2012), masjid adalah rumah atau bangunan tempat bersembahyang umat Islam yang digunakan untuk melakukan sholat rawatib atau sholat lima waktu dan shalat jum'at secara berjamaah. Seperti yang tersirat dalam pengertian masjid, fungsi masjid ialah :

1. Masjid yang berfungsi sebagai pusat ibadah umat Islam. Umat Islam berkumpul dalam satu tempat untuk mendirikan shalat fardhu 5 waktu dan shalat sunnah seperti sholat tarawih, idul fitri dan lainnya.
2. Masjid yang berfungsi sebagai tempat *I'tikaf*, melakukan dzikir, melakukan pengajian dan membaca Al Qur-an secara bersama sama atau sendiri.
3. Masjid yang berfungsi untuk kegiatan sosial dalam lingkup ibadah atau *Muamalah*, seperti kegiatan penerimaan, penampungan dan pengelolaan zakat
4. Masjid yang memiliki fungsi sebagai *Baitul mal*

#### 2.1.2 Kebutuhan penghawaan udara masjid

Berdasarkan dari SNI 03-6572-2001 (SNI 6572, 2001) tentang Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengondisian udara pada bangunan gedung, Ventilasi alami yang disediakan harus terdiri dari bukaan permanen, jendela, pintu atau sarana lain yang dapat dibuka, dengan :

- a. Jumlah bukaan ventilasi tidak kurang dari 5% terhadap luas lantai ruangan yang membutuhkan ventilasi
- b. Arah yang menghadap ke halaman berdinding dengan ukuran yang sesuai, atau daerah yang terbuka keatas. Teras terbuka, pelataran parkir, atau sejenisnya, dan ruang yang bersebelahan

### 2.2 Karakteristik Iklim Tropis Lembap

Iklim tropis lembap merupakan suatu kondisi di daerah tropis yang terletak di antara 15<sup>o</sup> garis LU dan 15<sup>o</sup> garis LS. Daerah iklim tropis lembap ditandai dengan beberapa karakteristik iklim tropis lembap. Menurut Karyono (2016), karakteristik umum iklim tropis lembap adalah memiliki radiasi matahari yang tinggi dengan rata-rata 1500 sampai 2500



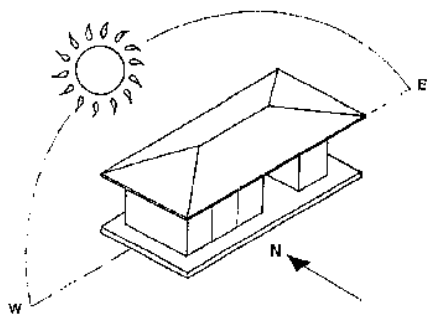
kWh/m<sup>2</sup> per tahunnya, temperatur yang tinggi pada daerah dataran rendah dan kelembapan rata-rata harian tinggi pada kisaran 75% sampai 90%, curah hujan yang tinggi dengan rata-rata 2000-3000 mm/tahun. Kecepatan pergerakan angin tergolong rendah akibat jeda temperatur yang tidak besar antara siang dan malam.

## 2.3 Adaptasi Tanggap Tropis Lembap

Bentuk adaptasi terhadap kondisi di iklim tropis lembap dapat diwujudkan pada bentuk dan arsitektur yang mempertimbangkan pengaruh iklim pada rancangannya. Berdasarkan teori dari Gut et al. (1993), Strategi desain tanggap iklim umumnya mempertimbangkan perlindungan terhadap radiasi matahari sehingga orientasi bangunan dan konfigurasi ruang dalam mengoptimalkan bentuk respon rancangan bangunan terhadap radiasi matahari dan angin. Strategi lainnya yaitu perancangan pembayangan dalam merespon kondisi iklim. Strategi ketiga yaitu pemilihan material bangunan. Poin penting lainnya yaitu konfigurasi bangunan guna menentukan bukaan bangunan (Seputra, 2013).

### 2.3.1 Orientasi bangunan

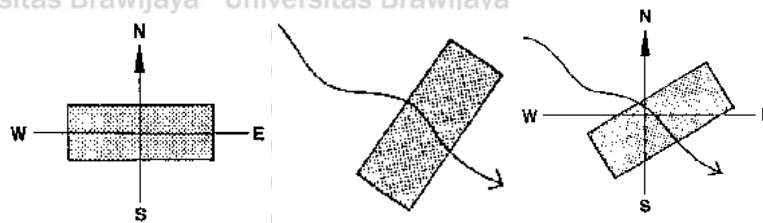
Gut et al. (1993) menjelaskan orientasi bangunan bertujuan untuk merespon terhadap radiasi matahari, bangunan dirancang dengan memperhatikan orientasi terhadap matahari. Semakin besar luas bidang yang terpapar sinar matahari secara langsung maka akan semakin besar pula radiasi matahari yang diterima bangunan. Sehingga orientasi sisi terpanjang bangunan sebaiknya mengarah ke arah utara-selatan untuk mengurangi radiasi matahari pada sisi terpanjang bangunan. Dan orientasi sisi yang pendek dapat mengarah atau berorientasi langsung ke arah barat-timur.



Gambar 2.1 Orientasi bangunan terhadap matahari

Sumber: Gut et al. (1993)

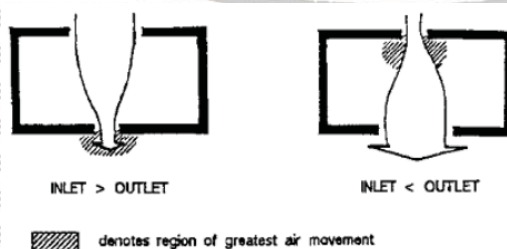
Sedangkan untuk merespon terhadap pergerakan angin, perlu dilakukan studi dan pemahaman mengenai kondisi tapak dan iklim mengenai data angin pada tapak sehingga dapat memaksimalkan ventilasi silang. Posisi bangunan yang melintang terhadap arah angin diperlukan dalam pendinginan temperatur dalam ruangan. jenis, ukuran dan posisi bukaan pada bangunan menentukan tingkat pergerakan udara di dalam ruangan.



Gambar 2.2 Orientasi bangunan terhadap matahari dan angin  
Sumber: Gut et al. (1993)

### 2.3.2 Konfigurasi bangunan

Menurut Seputra (2013), Konfigurasi bangunan umumnya meliputi perancangan pada selubung bangunan berupa perancangan fasad hingga perancangan bukaan seperti jendela atau pintu. umumnya perancangan bukaan berupa lokasi, penempatan bukaan terhadap arah angin, dimensi luas bukaan hingga jarak antara bukaan masuk (*inlet*) dan bukaan keluar (*outlet*) dan perabot di dalam ruangan yang memungkinkan dapat menghalangi pergerakan udara di dalam ruangan. Umumnya penempatan difokuskan pada sisi utara dan selatan dan meminimalkan bukaan di sisi barat dan timur untuk mengurangi sinar matahari yang masuk ke dalam bangunan dengan ketinggian bukaan yang berbeda. Kecepatan udara masuk dapat dipengaruhi oleh luas bukaan *inlet* dan *outlet*.



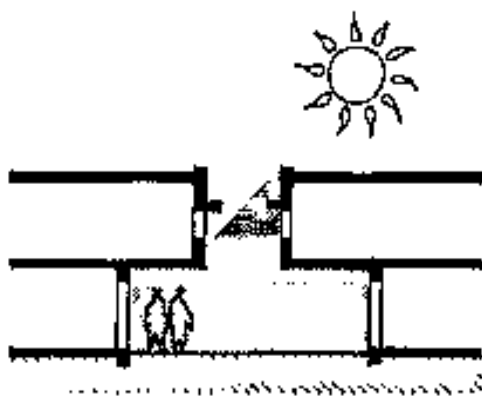
Gambar 2.3 Bukaan dengan dimensi yang berbeda  
Sumber: Seputra (2013)



Selain menyesuaikan dengan kondisi pergerakan angin pada tapak dan kondisi cuaca tapak, perencanaan bukaan pada bangunan juga sudah diatur dalam SNI 03-6572-2001 (SNI 6572, 2001) tentang Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengondisian udara pada bangunan gedung, luas bukaan minimal 5% dibandingkan luas lantai ruangan yang membutuhkan penghawaan alami.

### 2.3.3 *Shading device*

Gut et al. (1993) menjelaskan bahwa sebagian besar panas yang didapat bangunan dengan melalui radiasi matahari. Pada iklim tropis radiasi matahari terbilang tinggi sehingga peneduhan yang memadai perlu dirancang untuk mengurangi efek radiasi. Umumnya *shading device* menutup bukaan secara penuh atau sebagian saja, pada kondisi dengan radiasi yang sangat tinggi, *shading device* juga dapat menutupi dinding dengan menggunakan penutup sirip (*fins*) atau dengan *double facade*. Pembayangan dapat disebabkan oleh bangunan itu sendiri seperti dengan lantai atas dengan konstruksi kantilever.



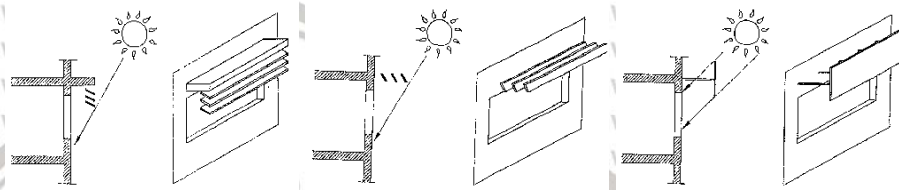
Gambar 2.4 Pembayangan oleh bangunan itu sendiri  
Sumber: Paul Gut (1993)

Konstruksi *double shell* atau cangkang ganda. Konstruksi ini harus memiliki sifat reflektif yang melindungi bangunan dari radiasi langsung dan menyebar radiasinya. Kulit terluar harus diletakan cukup dekat dengan fasad dan memiliki ventilasi yang baik. Metode ini cocok untuk iklim hangat – lembap. *Shading device* sebagai aksesoris pada selubung bangunan. Tujuan utama *shading device* adalah penaanngan yang diletakan pada fasad bangunan. Jalur lintas matahari menjadi kriteria penting dalam merancang *shading device*. Sehingga fasad bangunan harus direncanakan secara terpisah.

Dalam merancang *shading device*, berbagai faktor selain jalur lintas matahari juga perlu dipertimbangkan. Efek naungan tidak hanya bergantung pada bentuk geometris dan orientasi *shading device* saja, namun juga pada bahan yang digunakan, warna hingga *maintenance*. Terdapat beragam variasi dalam merancang *shading device* menurut Gut et al. (1993) seperti sebagai berikut:

### 1. *Horizontal screening*

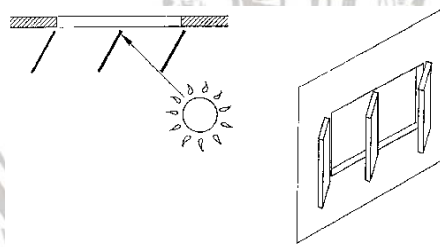
Tipe ini dinilai efisien terhadap radiasi matahari pada tengah hari, terutama pada sisi utara dan selatan. Tipe ini bisa berupa atap *overhang*, beranda, *louvers* yang permanen maupun yang dapat disesuaikan.



Gambar 2.5 *Horizontal screening*  
Sumber: Gut et al. (1993)

### 2. *Vertical screening*

Tipe ini paling efektif saat matahari berada di posisi yang rendah, terutama pada fasad sisi timur dan barat. Efisiensi optimal dapat diperoleh dengan elemen yang dapat disesuaikan (bergerak). Bentuk pelindung (*screening*) dapat dicapai dengan jendela atau pintu.

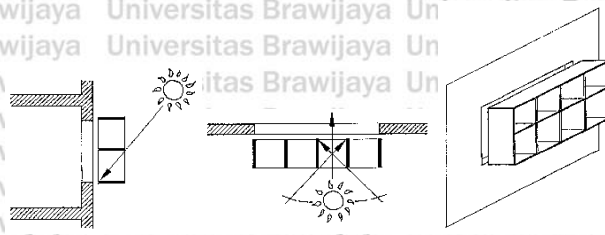


Gambar 2.6 *Vertical Screening*  
Sumber: Gut et al. (1993)

### 3. *Egg-crate screening*

Merupakan kombinasi elemen vertikal dan horizontal dan dapat digunakan pada area dimana elemen horizontal dan vertikal saja tidak mampu memberikan keteduhan. Hal ini mungkin saja terjadi pada bangunan yang memiliki orientasi timur ke tenggara dan barat ke barat daya. Elemen ini dapat dibuat dari beton pracetak atau elemen bata, kayu atau bahan serupa.



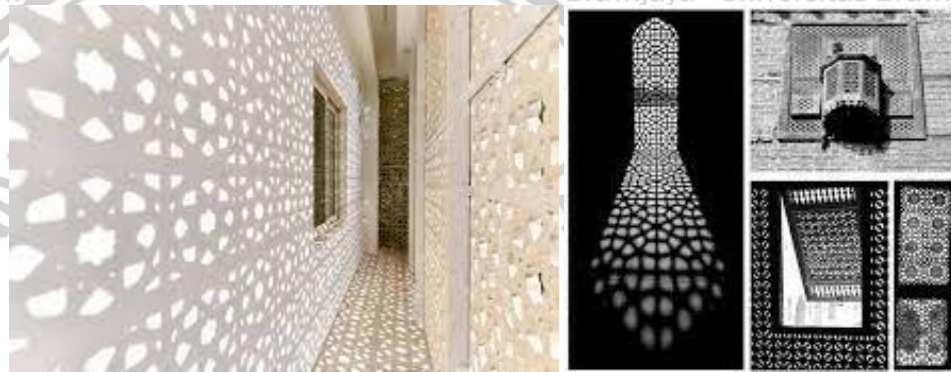


Gambar 2.7 Tipe egg-crate

Sumber: Gut et al. (1993)

#### 4. Screening, curtains

Teralis tradisional dari kayu – dekorasi *Mashrabiya* atau elemen serupa seperti pelindung dari bambu, memberikan perlindungan dari sinar matahari serta silau. Tirai dari bahan yang fleksibel dapat dipasang pada bukaan pintu atau jendela.

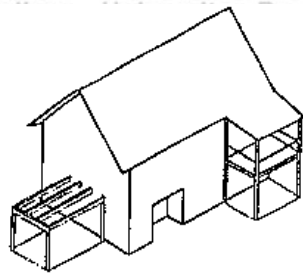


Gambar 2.8 Mashrabiya

Sumber: Karim (2018)

#### 5. Pergolas, balconies, loggias, porches, archades

Sebuah pergola dari bambu atau komponen kayu. Elemen horizontal dapat ditambah elemen vegetasi seperti tumbuhan merambat untuk naungan yang lebih baik. Balkon dan *loggias* sebagai elemen arsitektural dapat membantu dalam memberikan keteduhan. Saat menutupi area horizontal yang luas, elemen semacam itu juga merupakan perlindungan yang efektif untuk permukaan atap.



Gambar 2.9 pergola, balkon dan loggias

Sumber: Gut et al. (1993)

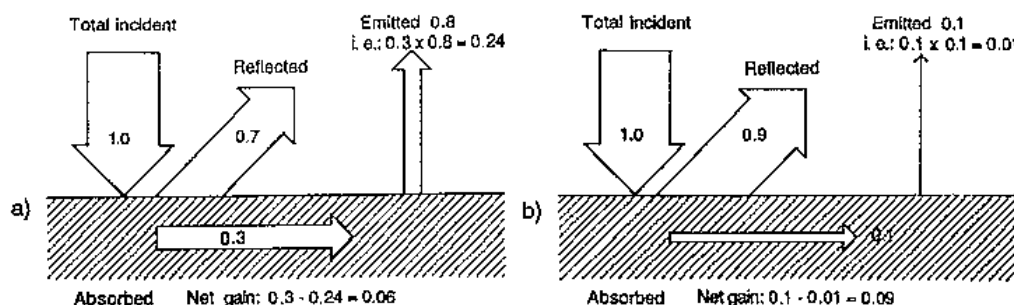
#### 2.3.4 Material bangunan

Gut et al. (1993) menjelaskan mengenai beberapa sifat utama dalam mempertimbangkan pemilihan material. Merefleksi terhadap radiasi panas (*reflection*), menyerap radiasi panas (*absorption*), Emisi ulang dari panas yang disimpan (*re-emission*).

Sifat yang pertama adalah, refleksi terhadap radiasi panas, dimana perolehan panas tidak diinginkan. Umumnya permukaan reflektif, misalnya putih atau metalik cerah. Konstruksi yang ringan harus memiliki permukaan seperti itu. Dalam hal ini, permukaan yang kusam seperti terpal besi galvanis tua tidak sesuai/tergolong buruk.

Penyerapan panas adalah dimana perolehan panas untuk malam hari diinginkan, permukaan yang dapat menyerap umumnya lebih gelap dan tidak mengkilat lebih dipilih. Permukaan seperti itu sebaiknya hanya digunakan pada bangunan dengan kapasitas termal tinggi. Bangunan kapasitas termal rendah akan langsung mengalami panas berlebih.

Emisi ulang dari panas yang disimpan jika diperlukan emisi kembali panas yang tersimpan ke lingkungan dan langit pada malam hari, permukaan sebaiknya bersifat berpori. Permukaan plester dan bata lebih efisien daripada permukaan logam.



Gambar 2.10 Refleksi, penyerapan, emisi ulang pada permukaan logam putih (a) dan aluminium cerah (b)

Sumber: Gut et al. (1993)



Panas dari radiasi matahari yang masuk ke dalam bangunan melalui proses konduksi melalui dinding, atap, dan proses radiasi yang masuk atau ditransmisikan melalui jendela dan kaca. Radiasi matahari meliputi sinar *ultraviolet* sebesar 6%, cahaya tampak sebesar 48% dan sinar inframerah yang memberikan efek panas sebesar 46%. Banyak penelitian menjelaskan bahwa radiasi matahari merupakan penyumbang terbesar panas yang masuk ke dalam bangunan. Berikut berupa bahan bangunan yang umumnya digunakan untuk dinding, atap dan lantai

Tabel 2.1 Spesifikasi material

Material		Spesifikasi material
Pondasi, basement dan lantai	Beton, batu bata dan ubin tanah liat yang dibakar	Bahan yang baik untuk penyimpanan panas, membantu menyeimbangkan temperatur dalam ruangan Cocok untuk zona iklim panas dengan perbedaan temperatur diurnal yang besar. Kurang cocok untuk iklim hangat – lembah kecuali pada penggunaan di siang hari.
	Lantai papan kayu dan elevasi pada lantai	Cocok untuk iklim hangat – lembap, untuk kenyamanan di malam hari
Dinding	Batu bata yang dibakar	Ketahanan termal yang baik tergantung porositasnya. Kapasitas penyimpanan panas sedang hingga tinggi, properti pengatur kelembapan yang baik
	Blok beton	Ketahanan termal yang buruk dan kapasitas penyimpanan panas yang tinggi
	Ferrocement	Memiliki sifat yang mirip dengan beton, tetapi kapasitas penyimpanan termal yang lebih kecil karena ketebalan yang berkurang, cocok untuk zona hangat – lembap
	Kayu	Ketahanan termal yang baik, kapasitas penyimpanan panas yang tinggi, pengaturan kelembapan yang baik
	Matting dari bambu, rumput, daun	Bahan yang baik di zona hangat – lembap, tanpa kapasitas penyimpanan termal,



	material		Spesifikasi material
			tidak kedap udara, sehingga memungkinkan ventilasi yang baik
		Bahan isolasi	Berbagai bahan alami dan buatan tersedia dan harus dipilih dengan cermat. Tidak hanya mencegah perolehan panas tetapi juga kehilangan panas. Bahaya panas berlebih di malam hari juga harus diperhatikan.
		Permukaan <i>white-washed</i>	Sederhana dan berbiaya rendah, namun metode yang efektif untuk membuat permukaan sangat reflektif. Emisi pada malam hari tetap tinggi.
		Dinding berongga	Permukaan reflektif dalam rongga mengurangi perpindahan panas radiasi. Ventilasi rongga menghilangkan panas dan mengurangi transmisi panas konduktif ke dalam ruangan.
		Genteng yang dibakar	Bahan tradisional masih sangat cocok saat ini, dengan sifat termal yang cukup baik. Relatif berat, membutuhkan struktur pendukung yang kuat; kapasitas penyimpanan panas sedang. Dapat ditembus udara melalui celah di antara ubin.
atap		Genteng beton	Sifatnya mirip seperti ubin tanah liat tetapi tahan panas agak berkurang.
		Lembar Asbes	Performa termal cukup baik, reflektifitas sedang. Kekurangan: kekuatan mekanik rendah, serat asbes berbahaya bagi kesehatan (karsinogenik).
		Lembar Aluminium	Bahan yang cukup mahal tetapi dengan reflektifitas termal yang baik dan masa pakai yang lama, lebih disukai daripada terpal besi galvanis. Mengurangi beban panas karena kapasitas penyimpanan panas rendah dan reflektifitas

Sumber: Gut et al. (1993)



Besarnya radiasi matahari yang masuk ke dalam bangunan melalui selubung bangunan dipengaruhi oleh fasad bangunan meliputi perbandingan luas kaca dan luas dinding bangunan secara keseluruhan, ketebalan kaca dan jenis kaca yang digunakan.

Talarosha (2013) menjelaskan nilai *shading coefficient* pada penggunaan kaca sebagai berikut,

Tabel 2.2 *Shading coefficient* dari penggunaan kaca

Penggunaan kaca			<i>Shading Coefficient</i>
Jenis Kaca	Warna	Tebal	
Kaca bening	-	1/4 inci	0.95
		3/8 inci	0.90
<i>Heat Absorbing glass</i>	Abu-abu, bronze, atau <i>green tinted</i>	1/4 inci	0.75
		3/8 inci	0.50
<i>Relective glass</i>	<i>Dark gray metallized</i>	-	0.35 s/d 0.20
	<i>Light gray metallized</i>	-	0.60 s/d 0.35

Sumber: Talarosha (2005)

## 2.4 Prinsip Desain Penghawaan Campuran

### 2.4.1 Penghawaan alami

Penghawaan alami dibantu dengan energi alam untuk memasukkan dan mendistribusikan udara luar ke dalam bangunan atau sebaliknya. Energi alam yang dimaksud dapat berupa tekanan angin yang ditimbulkan dari perbedaan kepadatan antara udara di luar bangunan dan di dalam bangunan. Udara yang masuk melalui bukaan pada selubung bangunan. Bukaan yang dimaksud dapat berupa pintu, jendela, Menara angin, *solar chimney*, dan jenis ventilasi lainnya (WHO, 2009).

Ventilasi alami adalah pergantian udara ruangan oleh udara segar dari luar ruangan tanpa bantuan peralatan mekanik. Udara cenderung untuk menyeimbangkan tekanan hingga menyebabkan aliran angin di sekitar bangunan. Angin bergerak dari tekanan tinggi ke tekanan rendah. Perbedaan tekanan dapat terjadi karena adanya perbedaan temperatur udara. Udara yang lebih hangat menjadi ringan dan naik ke atas, sebaliknya udara dingin bergerak ke bawah. Hal ini dapat dimanfaatkan pada bangunan saat menggunakan ventilasi alami. udara hangat yang lebih ringan bergerak naik ke atas gedung dan menghisap udara dingin untuk mengisi lapisan bagian bawah.

Peristiwa ini disebut dengan efek cerobong atau *stack effect* (Seputra, 2013).



#### 2.4.2 Penghawaan buatan

Persyaratan teknis ventilasi mekanik berdasarkan SNI 03-6572 (KSNI 6572, 2001), Sistem ventilasi mekanis harus diberikan jika ventilasi alami yang memenuhi syarat tidak memadai. Penempatan kipas harus memungkinkan pelepasan udara secara maksimal dan juga memungkinkan masuknya udara segar atau sebaliknya. Bangunan harus dilengkapi sistem ventilasi mekanis untuk membuang udara kotor dari dalam dan minimal  $\frac{2}{3}$  volume udara harus terdapat pada ketinggian maksimal 0,6 meter dari tanah. Perancangan sistem ventilasi mekanik dilakukan dengan menentukan kebutuhan udara ventilasi yang diperlukan sesuai fungsi ruangan, menentukan kapasitas kipas/*fan*, dan merancang sistem distribusi udara, baik menggunakan *ducting* atau kipas yang dipasang pada dinding atau langit-langit. Jumlah laju aliran udara yang perlu disediakan mengikuti persyaratan berdasarkan standar yang berlaku.

#### 2.4.3 Penghawaan *hybrid*

Hybrid Ventilation Centre (2002) menjelaskan bahwa tujuan utama dari penghawaan *hybrid* adalah untuk menyediakan kualitas udara dalam ruangan yang baik dan mencapai kenyamanan termal. Penghawaan *hybrid* dapat dideskripsikan sebagai sistem penghawaan yang menyediakan kenyamanan dalam ruangan menggunakan kedua sistem penghawaan alami dan buatan.

Pada penghawaan *hybrid*, sistem mekanik dan alami dikombinasikan pada *two-mode system* dimana operasional mode divariasikan berdasarkan musim, dalam setiap harinya. Sehingga mode yang sedang dioperasikan merefleksikan kondisi di luar ruangan dan memaksimalkan kondisi ambien pada tiap waktu. Perbedaan utama antara sistem ventilasi konvensional dengan penghawaan *hybrid* yaitu pada pengembangan terbaru penghawaan *hybrid* memiliki sistem kecerdasan kontrol yang dapat beralih secara otomatis antara alami dan mekanik untuk meminimalisir konsumsi energi

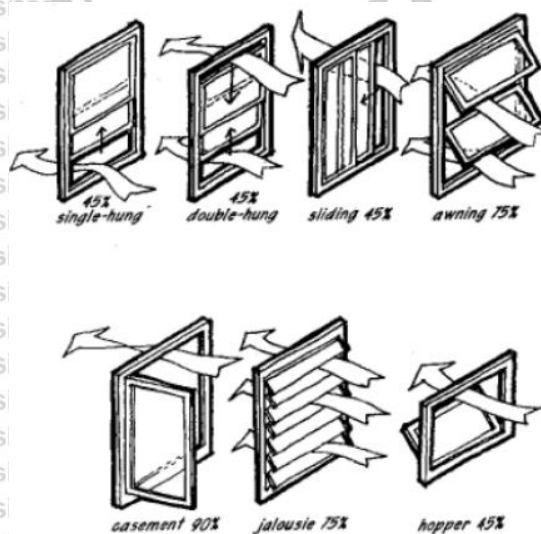
#### 2.4.4 Prinsip desain penghawaan alami pada daerah tropis lembap

Berdasarkan penelitian Seputra (2013), Desain bukaan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti penempatan bukaan, posisi bukaan, dimensi luas dan tipe bukaan yang dipilih. Memaksimalkan ventilasi silang dapat dilakukan dengan penempatan bukaan secara vertikal juga diperhitungkan. Bukaan yang berfungsi



sebagai *inlet* (udara masuk) sebaiknya diposisikan menyesuaikan dengan ketinggian manusia yaitu 60 cm sampai 150 cm dari lantai, sesuai dengan aktivitas pengguna dalam ruangan, sehingga udara dapat mengalir pada ruangan. Sedangkan bukaan yang berfungsi sebagai *outlet* (udara keluar) diletakkan lebih tinggi dari *inlet*, agar udara panas dapat dikeluarkan dari dalam ruangan dengan mudah. Untuk mencapai terjadinya pertukaran udara, bukaan lebar cukup penting untuk angin bergerak masuk sebagai *inlet* dan perbedaan dimensi pada bukaan yang berfungsi sebagai *outlet* akan mendorong terjadinya pergerakan yang lebih cepat atau memperbesar kecepatan udara.

Tipe bukaan untuk *inlet* akan menentukan besar volume dan pendistribusian pergerakan udara di dalam bangunan. bukaan jendela dapat diarahkan ke sisi tertentu agar pergerakan udara untuk tetap berada pada arah horizontal atau dapat menaikannya ke atas. Bukaan jenis *double-hung*, *single-hung* dan *horizontal sliding* tidak dapat mengarahkan arah pergerakan angin ke atas tapi dapat mengarahkan angin pada jalur horizontal, sehingga sebaiknya tipe ini diposisikan pada level ketinggian di mana aliran angin dibutuhkan pengguna. Jenis *casement*, *folding*, dan *pivot* dapat membelokkan pergerakan arah angin ke arah kanan atau ke arah kiri, namun tidak dapat diarahkan ke arah atas atau ke arah bawah, sebaiknya tipe ini juga diletakkan pada level ketinggian yang membutuhkan aliran udara. Jenis *projecting*, *awning*, *basement*, *pivot*, dan *jalousie* dapat mengarahkan pergerakan angin ke arah atas atau ke arah bawah kecuali jika jendela dibuka penuh  $90^0$ , tipe ini sebaiknya diletakkan di bagian atas atau di bagian bawah permukaan yang membutuhkan pergerakan angin.



Gambar 2.11 Ilustrasi bukaan dengan dimensi yang berbeda  
Sumber: Seputra (2013)



Berdasarkan SNI 03-6572-2001 (SNI 6572, 2001) tentang Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengondisian udara pada bangunan gedung, luas bukaan minimal 5% dibandingkan dengan luas total lantai ruang yang membutuhkan penghawaan alami. bukaan juga diharapkan menghadap ke ruang terbuka yang mampu memberikan performa penghawaan ruang yang baik.

#### 2.4.5 Prinsip penghawaan buatan pada daerah tropis lembap

Penghawaan buatan memiliki peranan penting bagi negara tropis seperti Indonesia. Terdapat banyak variasi penghawaan buatan untuk mendukung kenyamanan pengguna dalam melakukan aktivitas,

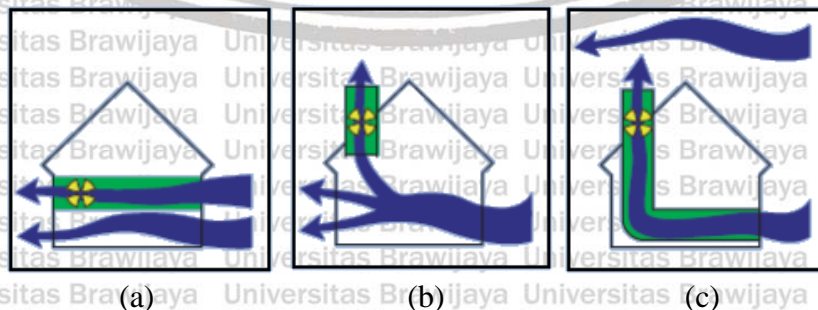
Standar yang digunakan adalah SNI 03-6572-2001 (SNI 6572, 2001) tentang tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengondisian udara pada bangunan gedung.

Standar ini bertujuan untuk memperoleh kenyamanan dan keamanan bagi pengguna yang melakukan aktivitas di dalam bangunan.

Pemilihan sistem dan peralatan tata udara diatur dalam SNI 03-6390-2000 (SNI 6390, 2000), pemilihan sistem tata udara harus memperhatikan faktor penggunaan gedung, efisiensi peralatan tata udara yang digunakan, dan beban pendinginan dari gedung.

#### 2.4.6 Prinsip penghawaan *hybrid*

Pencapaian yang terintegrasi adalah hal yang paling utama dalam sistem penghawaan *hybrid*. Integrasi antara bangunan dan sistem ventilasi sangat penting ketika ventilasi alami mengambil peran yang dominan. Terdapat tiga prinsip utama penghawaan *hybrid* yang memungkinkan untuk *IAQ control* dan pendinginan alami (Hybrid Ventilation Centre, 2002).



Gambar 2.12 Prinsip ventilasi hybrid: ventilasi alami dan mekanik(a), ventilasi alami dengan bantuan kipas angin(b), ventilasi mekanik dengan *stack effect*(c)

Sumber : Hybrid ventilation centre (2002)



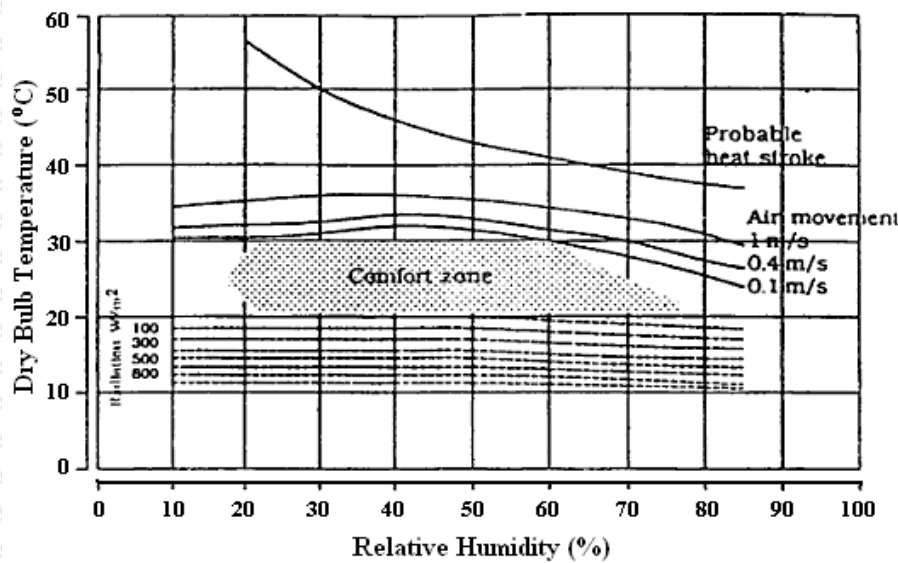
Ventilasi alami dan mekanik (a), prinsip ini berdasarkan pada dua sistem yang sepenuhnya otonom dimana strategi dalam control ada pada peralihan antara dua sistem, atau menggunakan satu sistem pada kebutuhan tertentu dan sistem lainnya pada kebutuhan lainnya. Hal ini mencakup, sistem dengan ventilasi alami pada musim peralihan dan ventilasi mekanik pada musim panas dan dingin, atau sistem dengan ventilasi mekanik selama jam operasional bangunan dan ventilasi alami untuk pendinginan malam.

Ventilasi alami dengan bantuan kipas (b), prinsip ini berdasarkan pada sistem ventilasi alami yang dikombinasikan dengan *extract* atau *supply fan*. Hal ini mencakup sistem ventilasi alami pada saat kecepatan pergerakan angin di luar bangunan yang lemah atau pada saat kebutuhan dalam ruangan meningkat, diharapkan dapat memanfaatkan perbedaan tekanan dengan bantuan kipas angin mekanik.

Ventilasi mekanik dengan *stack effect* (c), prinsip ini berdasarkan pada sistem sistem ventilasi mekanik yang membuat penggunaan pergerakan udara dari luar kedalam ruangan menjadi lebih optimal. Hal ini mencakup sistem ventilasi mekanik dengan kehilangan tekanan yang sangat kecil, dimana pergerakan udara dari luar ruangan dapat membuat sebagian besar tekanan yang diperlukan.

## 2.5 Standar Kenyamanan Termal

Kenyamanan termal adalah kondisi dari pemikiran pengguna yang menunjukkan kepuasan terhadap lingkungan termalnya (Szokolay, 2007). Kenyamanan termal dapat merujuk pada *bioclimatic chart* dari penelitian Olgyay (1963). Temperatur yang nyaman bagi pengguna menurut *bioclimatic chart* menurut Olgyay adalah 20 °C - 30 °C dengan kecepatan pergerakan angin 0.1 m/s, 0.4 m/s, dan 1 m/s.



Gambar 2.13 bioclimatic chart Olgyay

Sumber: Al-Azri et al (2013)

Berdasarkan tabel Skala *Beaufort* (dalam Dulbari et al., 2017) pada tabel 2.3, kecepatan pergerakan angin yang nyaman menurut *bioclimatic chart Olgyay* dengan kecepatan pergerakan angin 0.1 m/s, 0.4 m/s, dan 1 m/s termasuk pada skala 0 (tenang) dan 1 (sedikit tenang).

Tabel 2.3 Skala *beaufort*

Skala Beaufort	Kelas	Karakteristik dan dampak	Kecepatan udara (m/s)
0	Tenang	Tidak ada angin, asap bergerak vertikal	0-0.2
1	Sedikit tenang	Arah angin terlihat pada arah pergerakan asap	0.3-1.5
2	Sedikit hembusan angin	Angin terasa pada kulit wajah, dedaunan bergoyang	1.6-3.3
3	Hembusan angin pelan	Daun dan ranting tetap bergerak-gerak	3.4-5.4
4	Hembusan angin sedang	Debu dan kertas naik ke atas, cabang ranting kecil bergerak	5.5-7.9
5	Hembusan angin sejuk	Pohon kecil berayun, busa putih pada air laut	8.0-10.7
6	Hembusan angin kuat	Ranting besar berayun, suara kabel listrik terdengar berdesing	10.8-13.8
7	Mendekati kencang	Seluruh pohon bergoyang	13.9-17.1
8	Kencang	Ranting pohon patah, kesusahan bergerak melawan arah angin	17.2-20.7
9	Kencang sekali	Atap rumah diterbangkan	20.8-24.4



Skala Beaufort	Kelas	Karakteristik dan dampak	Kecepatan udara (m/s)
10	Badai	Pohon tercabut, rumah rusak parah	24.5-28.4
11	Badai dahsyat	Badai merusak dalam lingkup area luas	28.5-32.6
12	Badai topan	Pohon besar tercabut, rumah runtuh	>32.6

Sumber: Dulbari et al (2017)

Menurut Lippsmeier (dalam Talarosha, 2013) batas kenyamanan termal pada zona khatulistiwa yaitu  $19^{\circ}\text{C TE}$  (batas bawah) -  $26^{\circ}\text{C TE}$  (batas atas)

SNI T-14-1993-03 (SNI T-14, 1993) tentang Tata Cara Perencanaan Teknis Konservasi Energi pada Bangunan Gedung yang diterbitkan oleh Yayasan LPMB-PU menjelaskan rentang temperatur nyaman untuk orang Indonesia dibagi menjadi tiga bagian sebagai berikut,

- Sejuk Nyaman dengan Temperatur Efektif (TE)  $20,5^{\circ}\text{C} - 22,8^{\circ}\text{C}$  dengan Kelembapan relatif (RH) 50% - 80%
- Nyaman Optimal dengan Temperatur Efektif (TE)  $22,8^{\circ}\text{C} - 25,8^{\circ}\text{C}$  dengan kelembapan relatif (RH) 70%
- Hangat Nyaman dengan Temperatur Efektif (TE)  $25,8^{\circ}\text{C} - 27,1^{\circ}\text{C}$  dengan kelembapan relatif (RH) 60%

SNI 03-6572-2001 (SNI 6572, 2001) tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengondisian Udara pada Bangunan Gedung menyebutkan dalam mencapai kenyamanan termal, pergerakan udara udara sebaiknya tidak lebih besar dari 0.25 m/s dan sebaiknya lebih kecil dari 0.15 m/s.

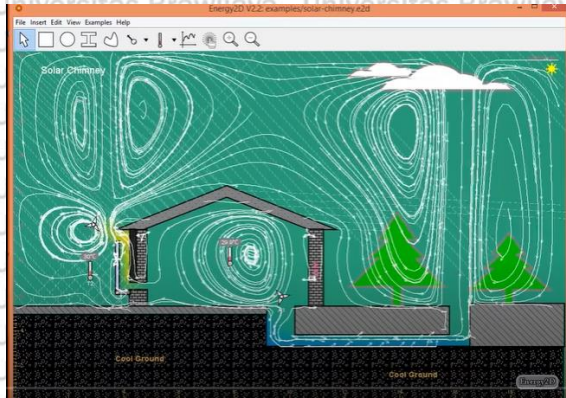
## 2.6 Simulasi Aliran Udara Bangunan dengan Software Digital

Simulasi dilakukan menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) menggunakan software *Energy2D*. Penggunaan teknologi CFD dapat membantu eksperimen model dengan kajian teori. CFD pada umumnya digunakan dalam penelitian untuk membantu mengilustrasikan dan memahami hasil eksperimen yang dilakukan. Dengan menggunakan teknologi CFD dapat mempermudah mengamati dan mengkaji hasil riset tanpa mengganggu pola aliran.

Menurut Xie (2012), *Energy2D* memiliki beberapa fitur yang membantu memvisualisasikan hasil analisis, grafik, simulasi, dan lainnya. Terlepas dari penggunaan yang hanya dapat memodelkan sistem 2D, *Energy2D* dapat berguna untuk mengajarkan panas, temperatur, *airflow* melalui contoh sederhana. Kekurangan dari software *Energy2D*



ada pada metode simulasi yang hanya menggunakan media 2 dimensi pada gambar potongan saja. Sehingga penggunaan pada simulasi pergerakan udara tidak dapat direpresentasikan sesuai dengan kondisi pada eksisting, mengingat angin bergerak secara 3 dimensi.



Gambar 2.14 tampilan analisis *air flow* menggunakan *Energy2D*  
Sumber: *software Energy2D*

Kelebihan simulasi dengan *software Energy2D* sebagai berikut:

1. Proses simulasi yang cepat
2. Ilustrasi visual pemetaan energi termal dan temperatur pada transfer panas
3. Variasi *property* yang dapat dieksplorasi
4. Ilustrasi visual pergerakan udara ruangan
5. Ukuran software yang sangat ringan

Kekurangan simulasi dengan *software Energy2D* sebagai berikut:

1. Hanya terbatas melakukan simulasi dengan 2 dimensi
2. Hanya dapat melakukan simulasi dari potongan vertikal, tidak dapat melakukan simulasi pada potongan denah
3. Tidak dapat membuat bentuk diagonal
4. Berdasarkan hasil simulasi pribadi, kecepatan *fan*/kipas pada ruang tertutup dengan posisi yang saling berhadapan hanya terbatas pada kecepatan dibawah 0.5 m/s, lebih dari itu data hasil simulasi tidak dapat terbaca.



## 2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dipilih berdasarkan metode penelitian dan variabel penelitian yang serupa dengan penelitian yang dilakukan saat ini.

Tabel 2.4 Penelitian terdahulu

Judul	Metode Penelitian	Variabel penelitian	Kontribusi pada penelitian
<i>An evaluation process for natural ventilation using a skenario-based multi-criteria and multi-interaction</i> (Utkucu & Sozer, 2020)	Simulasi penghawaan alami dengan model CFD	Empat skenario dengan variabel bebas : posisi dan lebar bukaan	Referensi dalam menemukan variabel bebas pada skenario untuk sistem penghawaan alami.
<i>The role of air conditioning in the diffusion of Sars-CoV-2 in indoor environment: Vatican State Children's Hospital</i> (Borro et al, 2021)	Simulasi penghawaan buatan HVAC dengan model CFD	Tiga skenario berbeda untuk tiap kasusnya: operasional HVAC dan flowrate	Referensi dalam menemukan variabel bebas pada skenario untuk sistem penghawaan buatan.
<i>CFD Analysis on thermal comfort and energy consumption effected by partitions in air-conditioned building</i> (Aryal & Leephakpreeda, 2015)	Simulasi penghawaan buatan AC dengan model CFD	Persamaan keseimbangan-panas dengan menggunakan enam variabel: temperatur udara, kecepatan aliran udara, kelembapan relatif, rata-rata radiasi panas(MRT) pakaian dan metabolisme tubuh	Referensi dalam menemukan variabel bebas pada skenario untuk sistem penghawaan buatan yang sesuai dengan software yang dipakai.



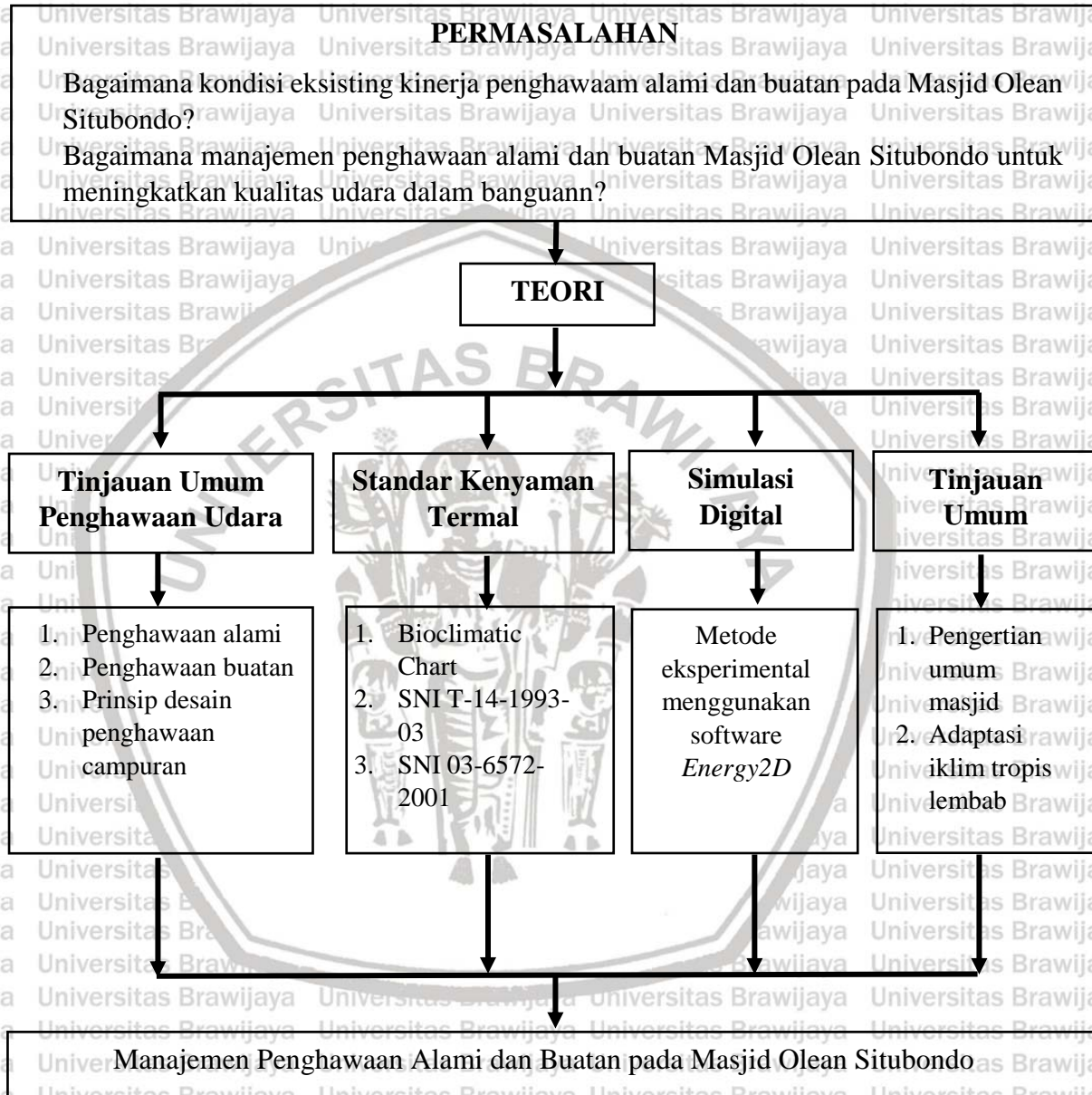
Judul	Metode Penelitian	Variabel penelitian	Kontribusi pada penelitian
<i>Identification of ideal air temperatur distribution using different location for air conditioner in a room integrated with EATHE-A</i> (Khatiri et al, 2017)	Simulasi penghawaan buatan AC dengan model CFD menggunakan ANSYS Fluent v 15.0	Tiga skenario berbeda dengan variabel bebas: posisi AC	Referensi dalam menemukan variabel bebas pada skenario untuk sistem penghawaan buatan.
<i>Distribution of droplet aerosols generated by mouth coughing and nose breathing in an air-conditioned room</i> (Zhang et al, 2019)	Simulasi penghawaan buatan dengan model CFD	Sepuluh kasus dengan enam variabel bebas: temperatur udara masuk, kelembapan udara masuk, kecepatan aliran udara masuk, tingkat ventilasi, jenis ventilasi dan posisi ventilasi	Referensi dalam menemukan variabel bebas pada skenario untuk sistem penghawaan buatan yang sesuai dengan software yang dipakai.
<i>Efficientcy evaluation of a floor standing air conditioner with different installation positions and air supply parameters applied to a large laboratory</i> (Xin et al, 2020)	Simulasi penghawaan buatan FSAC dengan model CFD menggunakan Airpack 3.0	Tiga skenario berbeda dengan variabel bebas: posisi FSAC	Referensi dalam menemukan variabel bebas pada skenario untuk sistem penghawaan buatan.
<i>Using revised ADPIs to identify an optimum positioning for installation of reversible room air-conditioners in bedroom for maximum thermal comfort</i> (Wang et al, 2021)	Simulasi penghawaan buatan AC dengan model CFD, market survei, simulasi menggunakan Energyplus dan pengembangan dari perbaikan persamaan ADPI	Variabel bebas: posisi RAC, kecepatan dan temperatur	Referensi dalam menemukan variabel bebas pada skenario untuk sistem penghawaan buatan



### Novelty

Melakukan simulasi pada kedua sistem penghawaan alami dan buatan dengan model CFD menggunakan *software Energy2D* dan skenario simulasi dengan variabel bebas: jenis penghawaan, kecepatan aliran udara dan temperatur

## 2.8 Kerangka Teori



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Metode Umum

#### 3.1.1 Metode penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan melakukan obeservasi langsung ke lapangan untuk mengumpulkan data kuantitatif dengan melakukan pengukuran lapangan kemudian dianalisis dengan menggunakan metode deskriptif analisis dan metode eksperimental dengan Teknik simulasi digital.

#### 3.1.2 Tahapan penelitian

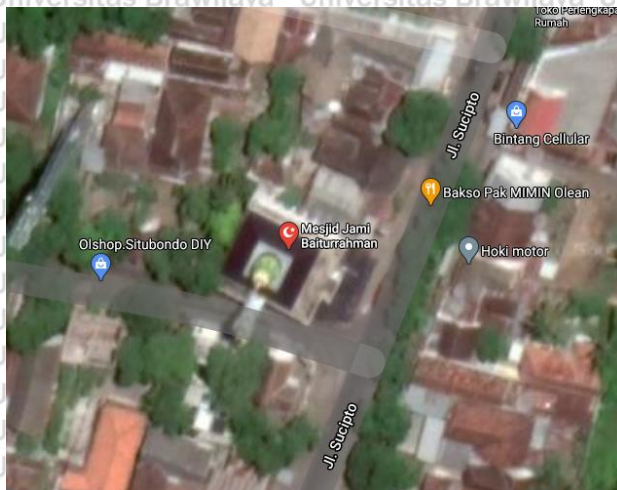
1. Mengidentifikasi masalah
2. Mengumpulkan meninjauan pustaka
3. Menentukan objek penelitian
4. Mengumpulkan data
5. Menganalisis data

### 3.2 Menentukan Objek Penelitian Jenis dan Metode Pengumpulan Data

Objek penelitian ditentukan menggunakan metode *purposive sampling* yaitu pemilihan sampel yang dianggap dapat mewakili *typical* populasi atau orang yang memiliki informasi yang kita butuhkan. Penyebaran virus COVID-19 umumnya terjadi pada bangunan publik, terlebih pada pusat suatu aktivitas masyarakat. Penelitian dilakukan di kota peneliti, Situbondo, hal ini mempertimbangkan kasus COVID-19 yang masih meningkat. Kota Situbondo dikenal dengan Kota Santri sehingga banyak kegiatan keagamaan yang tetap dilaksanakan. Umumnya kegiatan keagamaan dilaksanakan di masjid setempat. Pada masa *New Normal* ini terdapat beberapa kegiatan keagamaan yang tetap dilaksanakan dengan menaati protokol kesehatan. Namun, hal ini tetap menimbulkan potensi penyebaran virus COVID-19 melalui udara atau *airborne*. Pada bulan Juni lalu, dilaporkan terdapat klaster Jemaah masjid di Desa Olean yang menjadi kelompok penyebaran virus terbanyak di Situbondo. Sehingga pada penelitian ini dipilih objek Masjid Desa Olean untuk mengevaluasi kinerja penghawaan udara pada bangunan masjid.



### 3.3 Lokasi Penelitian



Gambar 3.1 Peta lokasi Masjid Desa Olean  
Sumber: Google Maps

Lokasi objek penelitian berada di Jl. Sucipto Olean Tengah, Kabupaten Situbondo, terletak di antara perumahan warga Desa Olean dengan ketinggian bangunan rata-rata setinggi 1 lantai.

### 3.4 Objek Penelitian

Objek penelitian adalah sebuah masjid di Desa Olean Situbondo. Objek penelitian memiliki luas tanah  $182 \text{ m}^2$  dan luas bangunan  $248 \text{ m}^2$ . Orientasi bangunan menghadap ke arah tenggara. Masjid ini memiliki kapasitas jamaah sebanyak 150 – 200 orang.



Gambar 3.2 Foto kondisi eksisting Masjid Desa Olean

### 3.5 Waktu Penelitian

Waktu pengukuran data penelitian dimulai tanggal 21 Maret 2021 (*equinox*) hingga 25 Maret 2021 setiap waktu sholat fardhu. Pukul 04.10 WIB untuk waktu sholat Subuh, pukul 11.30 WIB untuk waktu sholat dzuhur, pukul 14.45 WIB untuk waktu sholat Ashar,



pukul 17.32 WIB untuk waktu sholat Maghrib dan pukul 18.41 WIB untuk waktu sholat isya'. Waktu yang dianalisis pada simulasi software adalah saat jam operasional masjid, yaitu pada sholat fardu lima waktu.

### 3.6 Jenis dan Metode Pengumpulan Data

#### 3.6.1 Jenis data

Jenis data pada penelitian ini adalah data Kuantitatif berupa data bilangan/angka, meliputi ukuran denah, tampak dan potongan. Data kualitatif berupa data analisis dokumen, data observasi, dan pemotretan gambar.

#### 3.6.2 Metode pengumpulan data

Metode yang digunakan adalah observasi langsung ke lapangan yang dilakukan sesuai dengan waktu yang ditentukan. Untuk mendapatkan data foto bangunan, ukuran denah, tampak dan potongan. Dengan menggunakan media kamera, buku catatan dan alat ukur berupa pita ukur.

Untuk mendapatkan data yang tidak didapatkan saat observasi langsung ke lapangan, menggunakan metode pengumpulan data sekunder melalui sumber pustaka berupa jurnal, standar dan pedoman yang memiliki keterkaitan dengan topik penelitian.

#### 3.6.3 Variabel penelitian

Variabel independen atau variabel bebas yang memengaruhi dalam penelitian. Dalam hal ini variabel bebas pada penelitian kali ini adalah sistem penghawaan udara dan skenario simulasi penghawaan udara pada objek.

Variabel dependen atau variabel terikat yaitu variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas. Pada penelitian kali ini adalah pergerakan udara pada bangunan masjid.

#### 3.6.4 Titik ukur

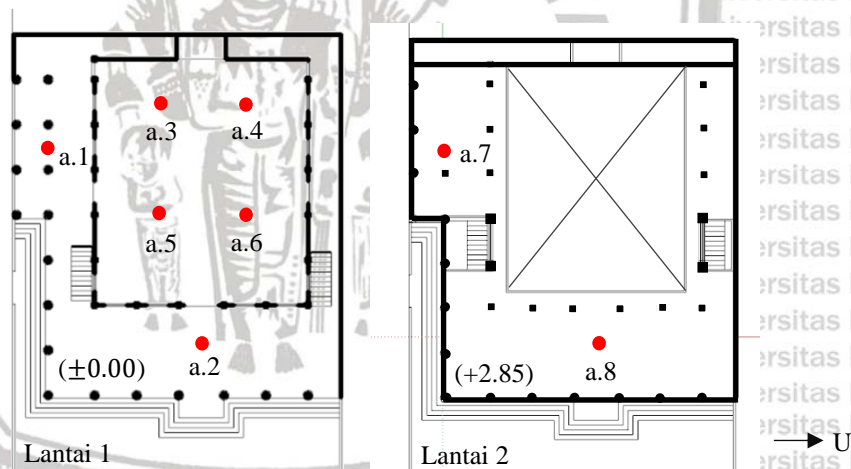
Kriteria penentuan titik ukur kecepatan aliran udara, temperatur dan kelembapan udara menyesuaikan dengan titik aktivitas jamaah (pengguna) pada kegiatan beribadah sholat berjamaah dan posisi bukaan masjid.

1. Titik a.1 berada pada teras masjid yang merupakan jalur sirkulasi jamaah.

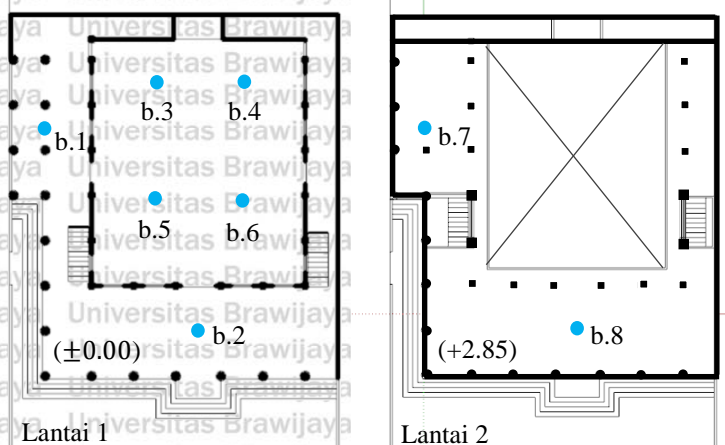
Titik ini juga digunakan sebagai area sholat di luar ruangan.



2. Titik a.2 berada pada teras masjid dan berada di depan pintu masuk utama masjid. Titik ini juga digunakan sebagai area sholat di luar ruangan.
3. Titik a.3 berada pada area sholat dalam masjid bagian jamaah lelaki di sisi selatan dan berada dalam satu garis lurus dengan jendela 100x150 cm.
4. Titik a.4 berada pada area sholat dalam masjid bagian jamaah lelaki di sisi utara dan berada dalam satu garis lurus dengan jendela 100x150 cm.
5. Titik a.5 berada pada area sholat dalam masjid bagian jamaah perempuan di sisi selatan dan berdekatan dengan pintu samping masjid berukuran 125x190 cm.
6. Titik a.6 berada pada area sholat dalam masjid bagian jamaah perempuan di sisi utara dan berdekatan dengan pintu samping masjid berukuran 125x190 cm.
7. Titik a.7 berada pada area sholat dalam masjid lantai 2 di sisi selatan dan berada di samping kisi-kisi (*Mashrabiya*) di lantai 2.
8. Titik a.8 berada pada area sholat dalam masjid lantai 2 di sisi selatan dan berada di samping kisi-kisi (*Mashrabiya*) di lantai 2.



Gambar 3.3 Titik ukur kecepatan angin



Gambar 3.4 Titik ukur temperatur dan kelembapan

### 3.6.5 Skenario simulasi eksperimental

#### 1. Skenario simulasi

Skenario dibuat berdasarkan variabel bebas dari penelitian sejenis yang sudah dilakukan sebelumnya pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Referensi penelitian sebelumnya dalam penyusunan skenario

Referensi Penelitian Sebelumnya	Variabel bebas
<i>The role of air conditioning in the diffusion of Sars-CoV-2 in indoor environments: Vatican State Children's Hospital</i> Borro et al (2021)	Operasional HVAC dan <i>Flowrate</i>
<i>CFD Analysis on thermal comfort and energy consumption effected by partitions in air-conditioned building</i> Aryal & Leephakpreeda (2015)	temperatur udara, kecepatan aliran udara, kelembapan relatif, rata-rata radiasi panas (MRT), pakaian dan metabolisme tubuh.
<i>Distribution of droplet aerosols generated by mouth coughing and nose breathing in an air-conditioned room</i> Zhang et al (2019)	temperatur udara masuk, kelembapan udara masuk, kecepatan aliran udara masuk, tingkat ventilasi, jenis ventilasi dan posisi ventilasi.



Referensi Penelitian Sebelumnya	Variabel bebas
<i>Using revised ADPIs to identify an optimum positioning for installation of reversible room air-conditioners in bedroom for maximum thermal comfort</i> Wang <i>et al</i> (2021)	posisi RAC, kecepatan dan temperatur
<i>Simulation of occupancy in buildings</i> Feng <i>et al</i> (2014)	Jumlah pengguna dalam bangunan, kondisi pengguna dalam ruang, posisi pengguna, jumlah pengguna dalam ruang

Variabel bebas dari penelitian sebelumnya disesuaikan dengan pengaturan yang tersedia pada *software Energy2D* yang berkaitan dengan penghawaan udara. Variabel bebas yang dipilih dari penelitian sebelumnya adalah: Operasional AC, Temperatur udara, Kecepatan aliran udara, Jumlah pengguna

Skenario pertama diatur untuk penggunaan penghawaan buatan AC saja tanpa bantuan penghawaan alami, hal ini untuk mengoptimalkan AC dalam mengkondisikan udara di dalam ruangan. Skenario kedua diatur untuk penggunaan penghawaan alami dan buatan (*hybrid*) dengan menggunakan prinsip penghawaan alami dengan bantuan kipas angin.

Penentuan besar nilai variabel bebas didasarkan dari penelitian sebelumnya dengan rincian pada tabel 3.2

Tabel 3.2 Penentuan besar variabel bebas berdasarkan penelitian sebelumnya

Referensi Penelitian Sebelumnya	Hasil penelitian
<i>Indoor Temperatur Control and Energy Saving Potential of an Air Conditioning System using PD Controller</i> Nasution <i>et al</i> (2015)	Poin pengaturan temperatur AC 22 °C
<i>Energy Consumption of Air Conditioners at Different temperatur Set Points</i> Wang <i>et al</i> (2013)	Poin pengaturan temperatur AC 24 °C

Referensi Penelitian Sebelumnya	Hasil penelitian
<i>Bioclimatic Chart Olgyay</i> Olgyay (1963)	Kecepatan aliran udara dengan variasi 0.1 m/s, 0.4 m/s, 1 m/s
<i>Simulation of occupancy in buildings</i> Feng <i>et al</i> (2014)	Range jumlah pengguna 50% dan 100%

Variasi kecepatan aliran udara untuk pengaturan penghawaan mekanik berdasarkan dari *bioclimatic chart*. Referensi dalam menentukan pengaturan temperatur untuk AC berdasarkan jurnal ilmiah. Jika disesuaikan dengan batasan *software Energy2D* (poin 3) yaitu kecepatan aliran udara sistem penghawaan AC hanya terbatas 0.1 m/s dan 0.4 m/s.

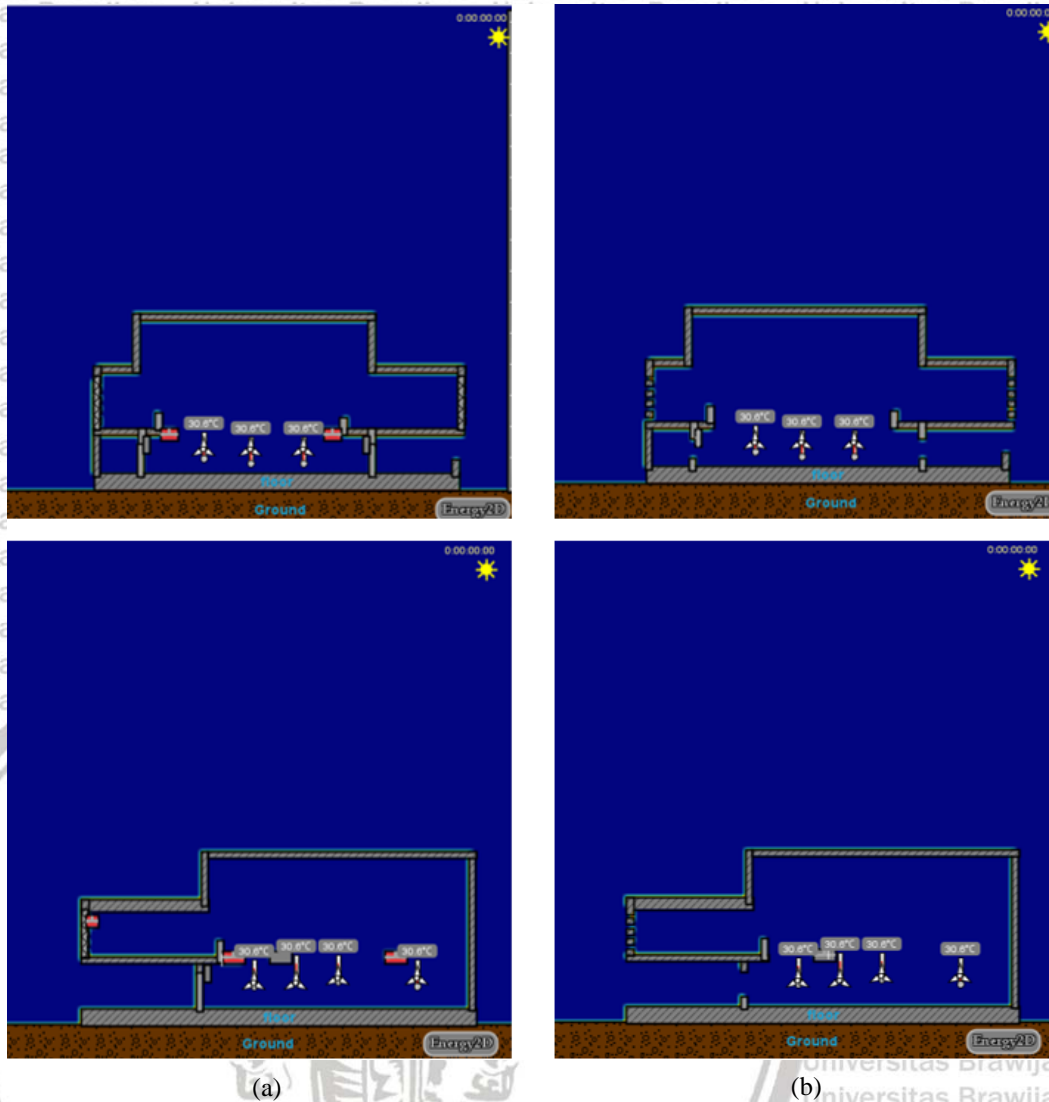
Tabel 3.3 Skenario simulasi eksperimental

Skenario	Jenis penghawaan	Operasional penghawaan	Kecepatan aliran udara (m/s)	Temperatur AC (°C)	Jumlah pengguna
1	AC	Semua bukaan dan kipas angin tidak dioperasikan, AC dioperasikan	0.1	22	50%
2	AC	Semua bukaan dan kipas angin tidak dioperasikan, AC dioperasikan	0.4	22	50%
3	AC	Semua bukaan dan kipas angin tidak dioperasikan, AC dioperasikan	0.1	26	100%
4	AC	Semua bukaan dan kipas angin tidak dioperasikan, AC dioperasikan	0.4	26	100%
5	AC	Semua bukaan dan kipas angin tidak dioperasikan, AC dioperasikan	0.1	26	50%



Skenario	Jenis penghawaan	Operasional penghawaan	Kecepatan aliran udara (m/s)	Temperatur AC (°C)	Jumlah pengguna
6	AC	Semua bukaan dan kipas angin tidak dioperasikan, AC dioperasikan	0.4	26	50%
7	AC	Semua bukaan dan kipas angin tidak dioperasikan, AC dioperasikan	0.1	22	100%
8	AC	Semua bukaan dan kipas angin tidak dioperasikan, AC dioperasikan	0.4	22	100%
9	Ventilasi alami dan Kipas angin	Semua bukaan dan kipas angin dioperasikan	0.1	-	50%
10	Ventilasi alami dan Kipas angin	Semua bukaan dan kipas angin dioperasikan	0.4	-	50%
11	Ventilasi alami dan Kipas angin	Semua bukaan dan kipas angin dioperasikan	1	-	50%
12	Ventilasi alami dan Kipas angin	Semua bukaan dan kipas angin dioperasikan	0.1	-	100%
13	Ventilasi alami dan Kipas angin	Semua bukaan dan kipas angin dioperasikan	0.4	-	100%
14	Ventilasi alami dan Kipas angin	Semua bukaan dan kipas angin dioperasikan	1	-	100%

Visualisasi skenario simulasi penelitian dengan menggunakan potongan bangunan yang kemudian gambar potongan dibuat ulang pada *software Energy2D*. namun, dengan keterbatasan *software Energy2D* tidak dapat membuat bentuk diagonal untuk menggambarkan kondisi jendela saat terbuka. Sehingga untuk menunjukkan jendela dalam kondisi terbuka makan dibiarkan berupa void.







Gambar 3.5 Visualisasi potongan bangunan pada *software Energy2D*. (a) kondisi bukaan tertutup, (b) kondisi bukaan terbuka

Pada *software simulasi* ditunjukkan dengan void pada dinding sehingga masjid memiliki persentase udara segar yang masuk tinggi, sehingga rekomendasi desain disesuaikan dengan jenis jendela yang juga mampu memberikan persentase udara segar yang tinggi dengan menggunakan dan memasang jendela *louver*/ jalusi kaca pada bukaan Masjid Olean Situbondo.

Visualisasi rekomendasi desain bukaan penghawaan alami pada skenario simulasi eksperimental diilustrasikan pada tabel 3.4 dengan menggunakan jendela *louver* sehingga pergerakan udara masuk lebih optimal.

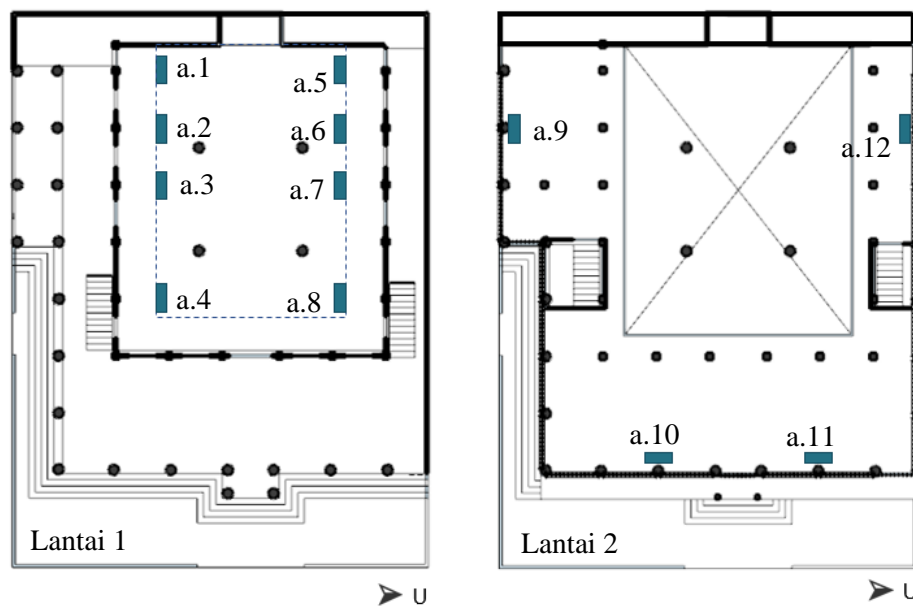


Tabel 3.4 Visualisasi rekomendasi desain pada simulasi

Skenario simulasi eksperimental	Visualisasi rekomendasi desain
Skenario 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 dengan kondisi operasional: Semua bukaan tidak dioperasikan,	<div>   </div> <div> <div>(a)</div> <div>Potongan kisi-kisi</div> </div> <div> <div>(b)</div> <div>Potongan jendela</div> </div> <div>Kondisi jendela <i>louver</i>: tertutup</div>
Skenario 9, 10, 11, 12, 13, 14 dengan kondisi operasional: Semua bukaan dioperasikan	<div>   </div> <div> <div>(a)</div> <div>Potongan kisi-kisi</div> </div> <div> <div>(b)</div> <div>Potongan jendela</div> </div> <div>Kondisi jendela <i>louver</i>: terbuka</div>

## 2. Titik penempatan AC

Jumlah AC pada objek penelitian sebanyak 12 buah AC *Split*. Dengan rincian 8 AC *Split* 2 PK di lantai 1 dan 4 AC *Split* 1.5 PK di lantai 2. Titik penempatan AC digambarkan pada gambar 3.6 berikut



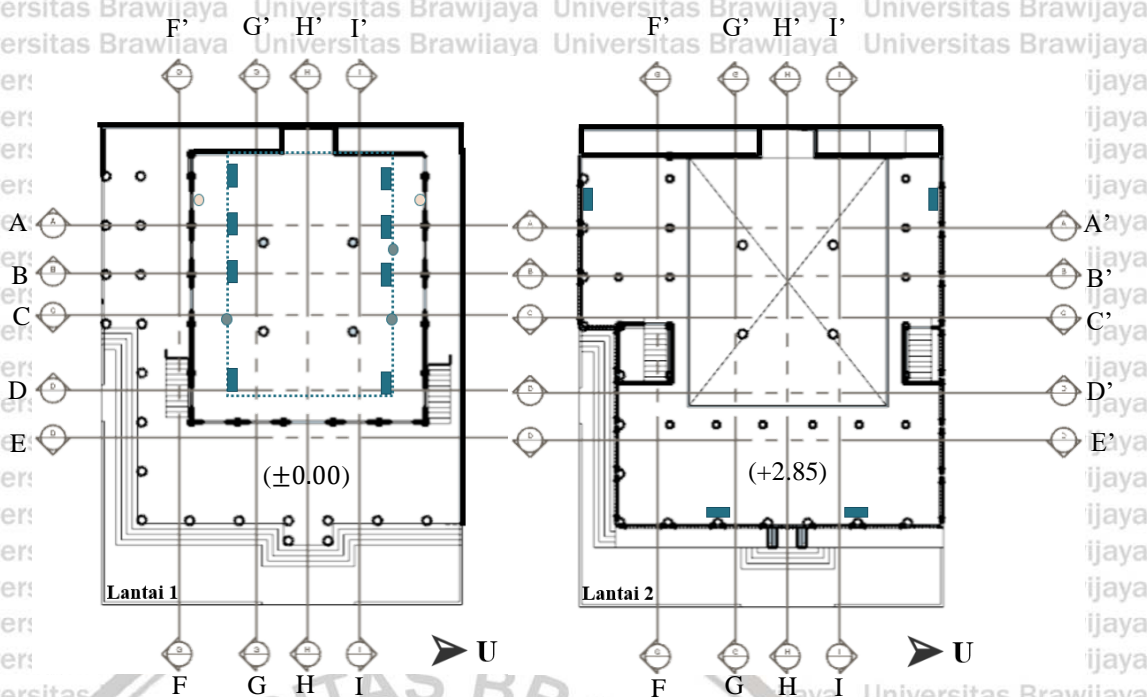
Gambar 3.6 Titik penempatan AC pada objek penelitian

AC pada titik a.1, a.2, a.3, a.4, a.5, a.6, a.7 di lantai 1 merupakan AC *Split* 2 PK dan AC pada titik a.9, a.10, a.11, a.12 di lantai 2 merupakan AC *Split* 1.5 PK.

### 3. Menentukan potongan bangunan

Kriteria yang dipertimbangkan dalam menentukan posisi potongan yang akan digunakan untuk keperluan simulasi adalah: aktivitas pada garis potongan, ventilasi alami, kipas angin dan AC yang berada pada garis potongan. Terdapat beberapa potongan yang memungkinkan untuk digunakan pada simulasi.





Gambar 3.7 Potongan bangunan

Keterangan :

- : AC Split
- : Kipas angin dinding
- : kipas angin plafon

Tabel 3.5 Kesesuaian kriteria potongan dengan skenario

Potongan	Kesesuaian dengan kriteria potongan	Skenario yang dapat digunakan
Potongan A-A'	Terdapat aktivitas, penghawaam alami dan AC	Dapat menggunakan semua skenario 1-12
Potongan B-B'	Terdapat aktivitas, penghawaam alami, dan AC	Dapat menggunakan skenario 1-12
Potongan C-C'	Terdapat aktivitas, penghawaam alami, dan kipas angin	Dapat menggunakan skenario 13-18
Potongan D-D'	Terdapat aktivitas, penghawaam alami, dan AC	Dapat menggunakan skenario 1-12
Potongan E-E'	Terdapat aktivitas dan penghawaam alami saja	Tidak dapat menggunakan semua skenario.
Potongan F-F'	Terdapat aktivitas dan penghawaam alami saja	Tidak dapat menggunakan semua skenario.

Potongan	Kesesuaian dengan kriteria potongan	Skenario yang dapat digunakan
Potongan G-G'	Terdapat aktivitas dan penghawaan alami saja	Tidak dapat menggunakan semua skenario.
Potongan H-H'	Terdapat aktivitas, penghawaan alami, dan kipas angin	Dapat menggunakan skenario 13-18
Potongan I-I'	Terdapat aktivitas dan penghawaan alami saja	Tidak dapat menggunakan semua skenario.

Dari tabel diatas hanya potongan A-A' yang selanjutnya dapat digunakan untuk analisis menggunakan *software Energy2D*. dengan batasan melakukan simulasi dengan hanya menggunakan gambar potongan, dengan pertimbangan simulasi pada gambar potongan mendapatkan pengaruh dari area disekitarnya, maka gambar potongan dapat merefleksikan sumber pengondisian udara dan sumber pergerakan udara terdekat.

Tabel 3.6 kondisi alternatif potongan

Potongan	Kondisi alternatif
Potongan A-A'	Dapat melakukan simulasi dengan semua skenario dengan merefleksikan Kipas angin dalam radius 1.5 m dari garis potongan
Potongan B-B'	Dapat melakukan simulasi dengan semua skenario dengan merefleksikan kipas angin dalam radius 1.5 m dari garis potongan
Potongan C-C'	Dapat melakukan simulasi dengan semua skenario dengan merefleksikan AC dalam radius 4 m dari garis potongan
Potongan D-D'	Dapat melakukan simulasi dengan semua skenario dengan merefleksikan kipas angin dalam radius 4 m dari garis potongan
Potongan E-E'	Meskipun dapat merefleksikan AC dalam 4 m, namun karena tidak terdapat kipas angin di lantai 2 maka potongan G-G' hanya dapat menggunakan skenario 1-6 saja dan tidak dapat menggunakan semua skenario.
Potongan F-F'	Meskipun dapat merefleksikan AC dalam 4 m, namun karena tidak terdapat kipas angin di lantai 2 maka potongan G-G' hanya dapat menggunakan skenario 1-6 saja dan tidak dapat menggunakan semua skenario.

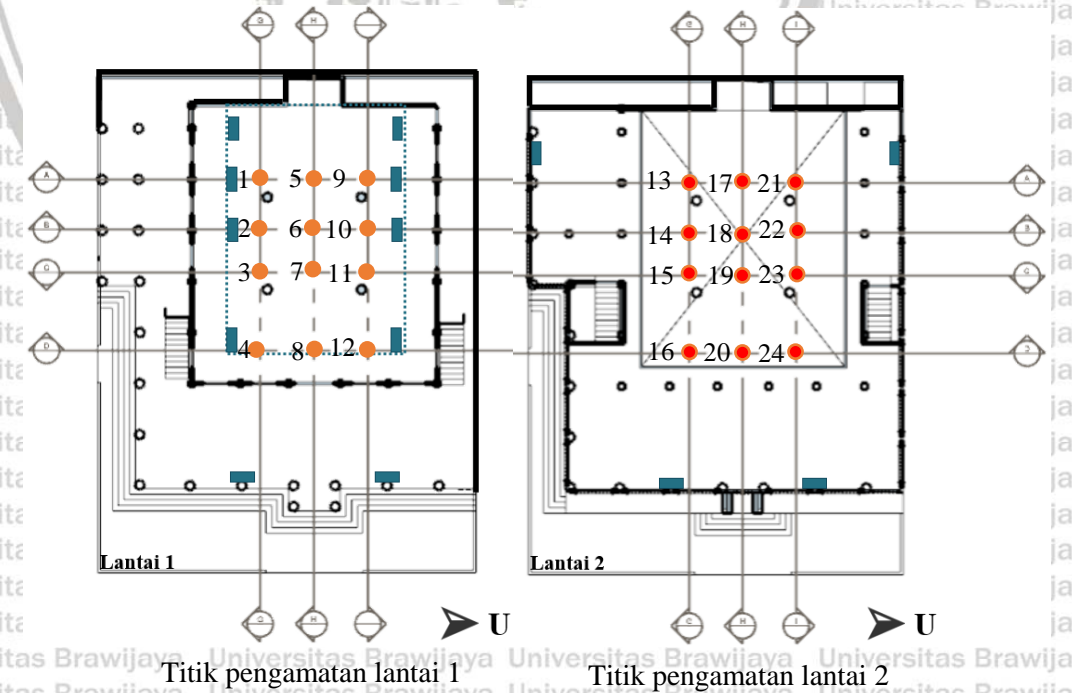


Potongan	Kondisi alternatif
Potongan G-G'	Dapat melakukan simulasi dengan semua skenario dengan merefleksikan Ac dalam radius kurang dari 1 m dan kipas angin dalam radius 2 m dari garis potongan
Potongan H-H'	Dapat melakukan simulasi dengan semua skenario dengan merefleksikan AC dalam radius 4.8 m dari garis potongan
Potongan I-I'	Dapat melakukan simulasi dengan semua skenario dengan merefleksikan Ac dalam radius kurang dari 1 m dan kipas angin dalam radius 2 m dari garis potongan

Potongan E-E' dan potongan F-F' tidak dapat digunakan karena tidak dapat menggunakan semua skenario yang sudah ditentukan. Sehingga potongan bangunan yang akan digunakan untuk simulasi adalah potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H' dan I-I'.

### 3.6.6 Titik pengamatan model simulasi

Dalam mengamati kondisi dan objek saat melakukan simulasi, titik pengamatan diletakan pada model simulasi sebelum melakukan analisis menggunakan software. Penempatan titik pengamatan menyesuaikan dengan titik temu tiap garis potongan.



Gambar 3.8 Titik pengamatan pada lantai 1 dan 2

Namun, dikarenakan titik pengamatan di lantai 2, titik pengamatan 13 sampai 24 berada pada void lantai 2 dan tidak memungkinkan terjadi kegiatan pengguna di titik tersebut, maka titik pengamatan yang digunakan hanya titik pengamatan di lantai 1 saja, yaitu titik pengamatan 1 sampai dengan 12.

### 3.6.7. Teknis operasional sistem penghawaan pada objek penelitian

#### 1. Teknis operasional kipas angin

Teknis operasional skenario penghawaan pada Masjid Olean Situbondo tidak dapat langsung menggunakan pengaturan kecepatan kipas dari pabrik karena pengaturan pada skenario simulasi berdasarkan pada teori dan penelitian sebelumnya dimana tidak semua kipas angin memiliki tingkat pengaturan kecepatan yang sama. Sehingga perlu menggunakan alat atau komponen yang mampu mengubah dan mengatur kecepatan kipas angin sesuai dengan tingkat pengaturan skenario simulasi.

Pengaturan kecepatan kipas angin dinding atau plafon dapat dibantu dengan menggunakan potensiometer karena kipas angin yang merupakan arus AC. Setelah kipas angin telah dipasang dengan potensiometer, kemudian dapat menyetel kecepatan kipas angin dengan memutar kontrol pot dan kecepatan angin yang dihasilkan disesuaikan menggunakan anemometer. Setelah mendapatkan kecepatan sesuai dengan skenario penelitian kemudian kontrol pot diberi tanda untuk memudahkan pengelola masjid mendapatkan kecepatan yang sesuai dengan yang direkomendasikan. Komponen pengaturan kecepatan ini dapat ditempelkan di dinding sebelah kipas angin untuk memudahkan penggunaan.

Teknis operasional kipas angin dinding dan plafon menggunakan komponen pengaturan kecepatan dengan memutar kontrol pot pada tingkat kecepatan angin yang dibutuhkan pada komponen pengaturan kecepatan.

#### 2. Teknis Operasional AC

Teknis operasional kecepatan kipas AC tidak dapat langsung menggunakan pengaturan kecepatan kipas AC dari pabrik, sehingga dapat menggunakan alat dan komponen pengatur kecepatan kipas AC yaitu VSD atau *Variabel Speed Drive* yang memungkinkan mengendalikan kecepatan motor kipas AC.



Pengaturan kecepatan kipas AC dapat dibantu menggunakan VSD karena dapat diaplikasikan untuk motor AC maupun DC. Pengaturan kecepatan kipas AC dapat dilakukan dengan mengatur frekuensi dari sinyal output, meningkatkan frekuensi sinyal output akan meningkatkan kecepatan motor kipas dan menurunkan frekuensi sinyal output akan menurunkan kecepatan motor kipas. Pengaturan tingkat kecepatan kipas AC disesuaikan dengan rekomendasi tingkat kecepatan pada skenario simulasi.

Teknis operasional AC dengan VSD dapat dioperasikan dengan mengisi mode pengaturan yang sudah diatur sebelumnya dan mengoperasikan AC dengan tingkat temperatur dan kecepatan kipas yang disarankan.

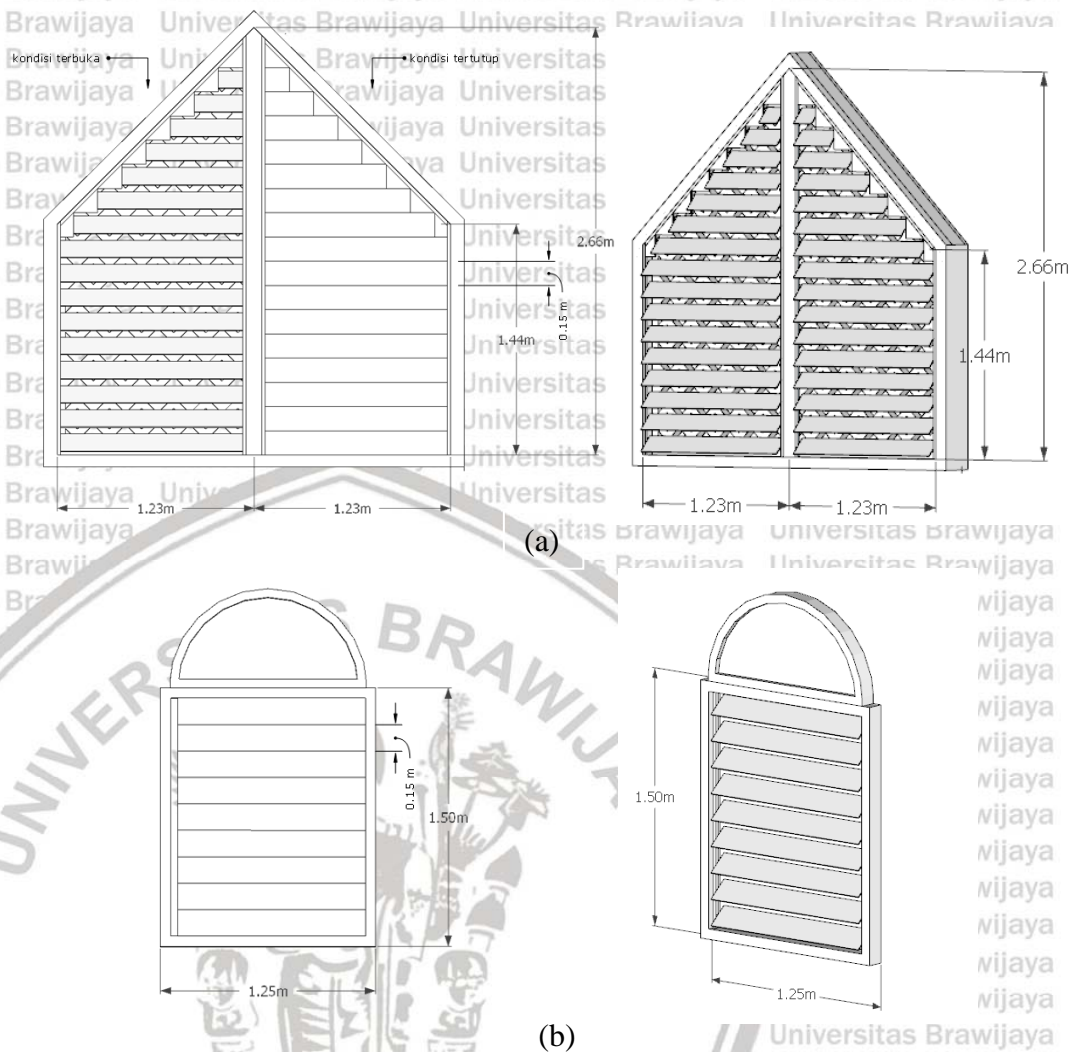
### 3.6.8 Rekomendasi desain jendela masjid

Rekomendasi desain dengan menerapkan otomatisasi pada sistem operasional penghawaan alami dapat diwujudkan dengan menggunakan jenis jendela *louver* elektrik. Mekanisme untuk jendela *louver* elektrik berdasarkan pada gerakan *linear actuators* dan *brackets* khusus untuk jendela *louver*.

Sistem kontrol pada pada jendela *louver* otomatis menghubungkan *linear actuators* dengan daun jendela *louver* yang dapat digerakkan. Ketika *linear actuator* diperpanjang, maka daun jendela *louver* akan terbuka. Saat daun jendela dibuka 90 derajat, maka jendela akan terbuka secara optimal.

Rangkaian sistem operasional jendela *louver* elektrik umumnya dipasang dengan sistem SHEV atau mengoperasikan serangkaian jendela secara serentak. Material bingkai jendela dapat menggunakan *Alumunium Alloy Frame* untuk hasil yang lebih baik. Daun jendela *louver* menggunakan kaca dengan dimensi daun *louver* lebar kurang dari 1 meter dan tinggi kurang dari 2 meter. *Actuator linier* akan dipasang pada batang penghubung, operator *louver*, operator *louver*, klip daun jendela.

Rekomendasi desain bukaan jendela pada Masjid Olean Situbondo dapat disesuaikan dengan bentuk dan dimensi pada kondisi eksisting. Pada jendela engsel di lantai 1, jendela diganti menggunakan jendela *louver*/jalusi kaca dengan desain bukaan menyesuaikan dengan dimensi bukaan pada Masjid Olean (gambar 3.b) dan untuk kisi-kisi di lantai 2, menambahkan jendela *louver*/jalusi kaca dengan desain bingkai jendela *louver* menyesuaikan dengan bentuk kisi-kisi dan dimensi kisi-kisi (gambar 3.a)



Gambar 3.9 Visualisasi rekomendasi desain bukaan masjid (a) jendela *louver* pada kisi kisi lantai 2, (b) jendela *louver* pengganti jendela engsel di lantai 1

### 3.7 Metode Analisis Data

Metode analisis data menggunakan metode deskriptif analisis, yaitu data yang diperoleh kemudian dituangkan dalam bentuk kata-kata maupun skema, kemudian dideskripsikan sehingga dapat menjelaskan kondisi eksisting dalam prinsip bangunan tropis.

Metode analisis rekomendasi manajemen penghawaan menggunakan metode eksperimental dengan teknik simulasi digital dengan menggunakan *software Energy2D*. Penggunaan *software* untuk membantu mengilustrasikan dan memahami hasil eksperimen dengan lebih baik. Permodelan dibantu dengan *software sketchup* dan simulasi penghawaan udara menggunakan *Energy2D*.



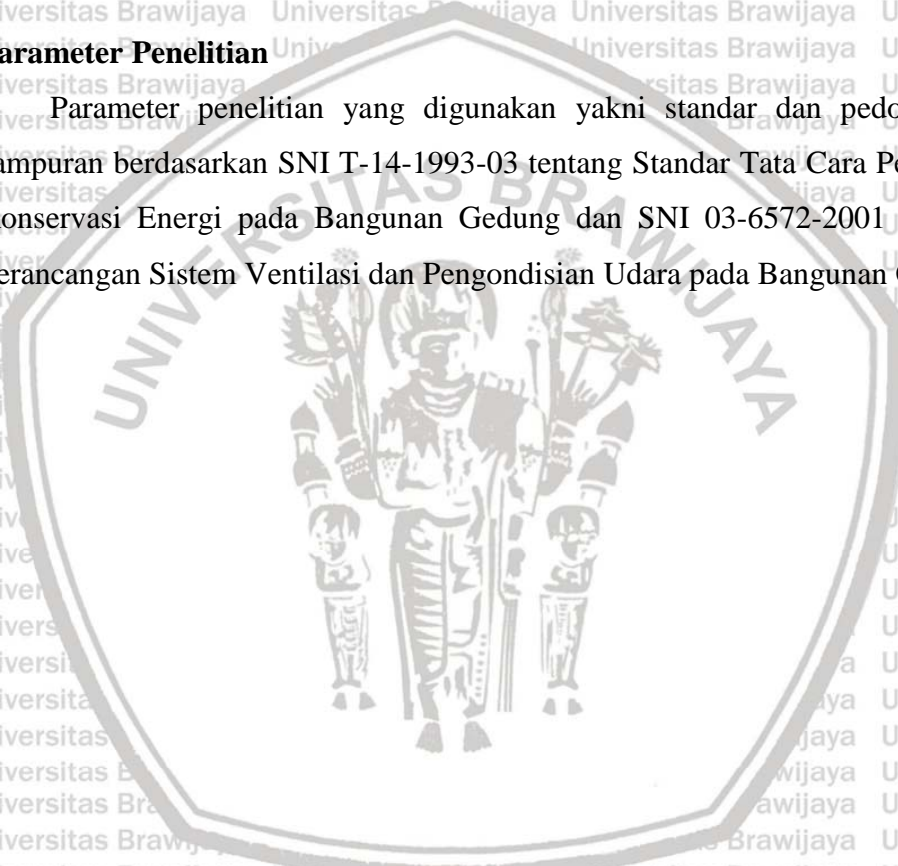
### 3.8 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam pengambilan data menggunakan

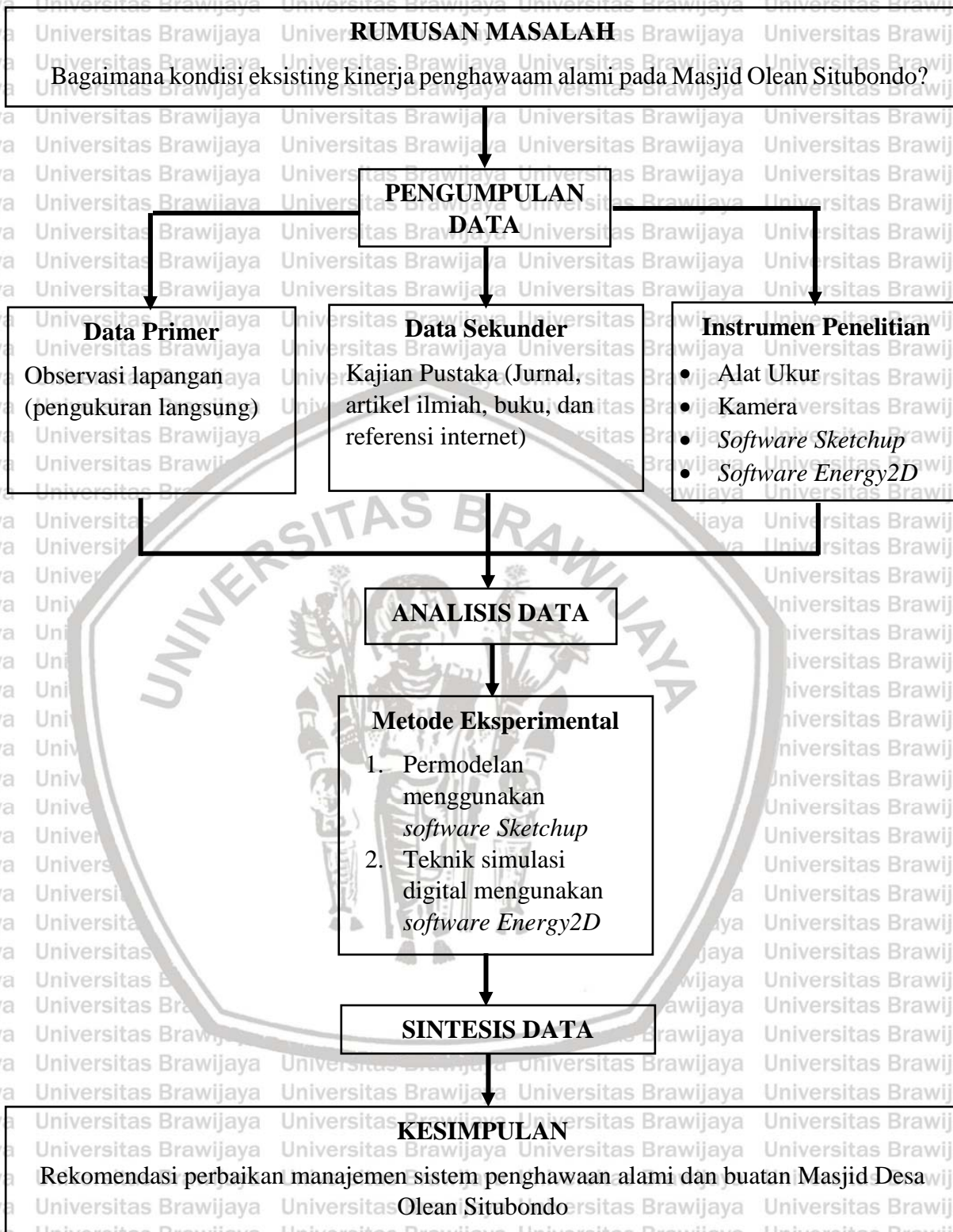
- a. Kamera untuk menangkap visual bangunan
- b. alat ukur untuk mengukur panjang dan lebar pada objek penelitian
- c. Anemometer untuk mengukur kecepatan angin
- d. Termometer untuk mengukur temperatur bangunan
- e. *Software sketchup* untuk permodelan objek bangunan
- f. *Software Energy2D* untuk melakukan simulasi eksperimental

### 3.9 Parameter Penelitian

Parameter penelitian yang digunakan yakni standar dan pedoman penghawaan campuran berdasarkan SNI T-14-1993-03 tentang Standar Tata Cara Perancangan Teknis Konservasi Energi pada Bangunan Gedung dan SNI 03-6572-2001 tentang Tata cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengondisian Udara pada Bangunan Gedung.



### 3.10 Kerangka Penelitian

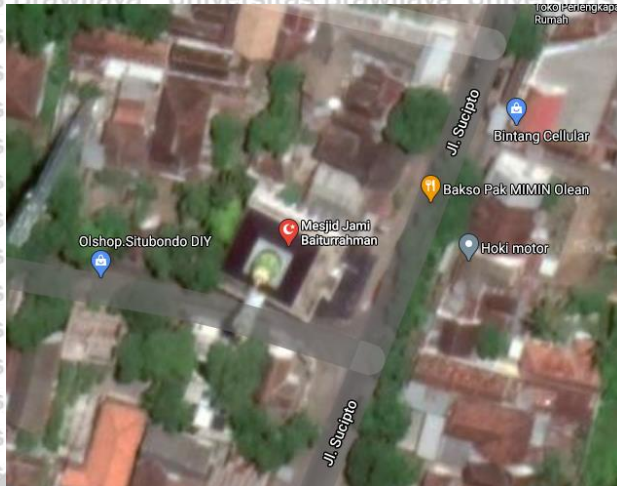




## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Gambaran Umum Objek Penelitian

#### 4.1.1 Lokasi penelitian



Gambar 4.1 Peta lokasi Masjid Desa Olean  
Sumber: Google Maps

Lokasi objek penelitian berada di Jl. Sucipto Olean Tengah, Kabupaten Situbondo, terletak di antara perumahan warga Desa Olean dengan ketinggian bangunan 1 lantai.

#### 4.1.2 Kondisi iklim lokasi objek

Berdasarkan profil Kabupaten Situbondo, temperatur tahunan  $24,7^{\circ}\text{C}$ – $27,9^{\circ}\text{C}$ , dengan 3–4 bulan basah dan 8–9 bulan kering pertahun (puncak musim kering antara bulan Juli-September). Kelembapan udara rata-rata antara 76,10% hingga 90,92% dalam setahun. Kecepatan angin rata-rata minimum sebesar 1.24 m/s dan maksimum 3.89 m/s.

### 4.2 Deskripsi Objek Penelitian

Objek penelitian adalah sebuah masjid di Desa Olean Situbondo. Objek penelitian memiliki luas tanah  $182\text{ m}^2$  dan luas bangunan  $248\text{ m}^2$ . Orientasi bangunan menghadap ke arah tenggara. Masjid ini memiliki kapasitas jamaah sebanyak 150–200 orang.

Berdasarkan hasil observasi langsung di lapangan, sistem penghawaan pada masjid menggunakan penghawaan buatan AC split sebanyak 8 buah dan 6 buah kipas angin untuk lantai bawah dan 4 buah AC *split* untuk lantai atas. Secara rinci, posisi AC dan kipas angin



pada bangunan sebagai berikut, 8 buah AC *split* yang dipasang di lantai 1 dengan posisi 4 buah di sebelah utara dan 4 buah di sebelah selatan. Kipas angin juga diletakkan di lantai 1 dengan posisi 3 kipas angin di sisi selatan, 1 kipas angin di sebelah timur dan 2 kipas angin di sebelah utara.

Sistem penghawaan alami pada Masjid Olean berupa jendela hidup sebanyak 10 buah dan 5 buah pintu di lantai 1. Terdapat kisi-kisi pada dinding di ketiga sisi bangunan utara, timur, dan selatan di lantai 2. Secara rinci, posisi jendela, pintu dan kisi-kisi sebagai berikut, 8 buah jendela besar dan 2 jendela kecil untuk lantai 1 dengan posisi 2 jendela besar dan 1 jendela kecil di sisi utara dan 2 jendela besar, 1 jendela kecil di sisi selatan dan 4 jendela besar di sisi timur. Posisi pintu di sebelah utara sebanyak 2 buah, di sisi selatan sebanyak 2 buah dan 1 pintu di sisi timur sebagai pintu masuk utama.

Tabel 4.1 Sistem ventilasi alami dan buatan di Masjid Olean

		Sisi utara	Sisi timur	Sisi selatan
Lantai 1	Penghawaan alami	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dua jendela 100x150 cm</li> <li>• Satu jendela 100x40 cm</li> <li>• pintu geser 125x190 cm</li> <li>• pintu 90x190 cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empat jendela 125x150 cm</li> <li>• satu pintu geser 200x190 cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dua jendela 100x150 cm</li> <li>• Satu jendela 100x40 cm</li> <li>• pintu geser 125x190 cm</li> <li>• pintu 90x190 cm</li> </ul>
	Penghawaan buatan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empat AC <i>Split</i> 2 PK</li> <li>• Satu kipas angin dinding</li> <li>• Dua kipas angin plafon</li> </ul>	Satu kipas angin dinding	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empat AC <i>Split</i> 2 PK</li> <li>• Satu kipas angin dinding</li> <li>• Satu kipas angin plafon</li> </ul>
Lantai 2	Penghawaan alami	Kisi-kisi	Kisi-kisi	Kisi-kisi
	Penghawaan buatan	Satu AC <i>Split</i> 1,5 PK	Dua AC <i>Split</i> 1,5 PK	Satu AC <i>Split</i> 1,5 PK

Operasional sistem penghawaan buatan pada objek penelitian diatur berdasarkan jumlah jamaah yang datang pada waktu sholat. Jika hanya jamaah lelaki yang datang, maka AC *Split* di baris depan yang dioperasikan. jika terdapat jamaah lelaki dan perempuan, maka AC *Split* di barisan belakang juga dioperasikan. Kipas angin di kedua sisi tidak



dioperasikan. Saat jamaah yang datang sedang ramai hingga menggunakan area sholat lantai 2, maka AC *Split* di lantai 2 baru dioperasikan.

Penggunaan penghawaan alami seperti jendela dan kisi-kisi di lantai 2 tidak dioperasikan, kisi-kisi di lantai 2 ditutup dengan kaca transparan. Kondisi ini ditujukan untuk memaksimalkan penggunaan AC *Split* untuk mendinginkan udara di dalam ruangan.

Pintu utama sedikit dibuka untuk jalur keluar masuk jamaah.

Tabel 4.2 Penggunaan ventilasi alami dan buatan di Masjid Olean

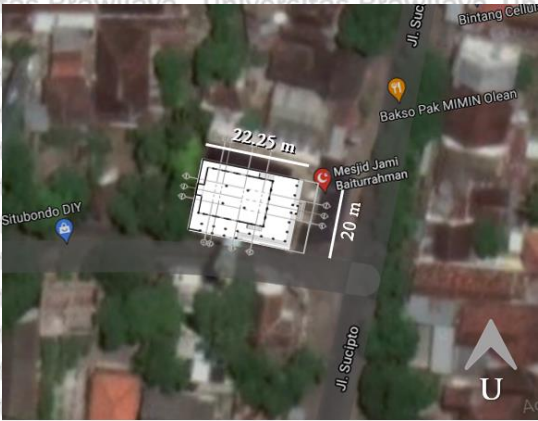
		Sisi utara	Sisi timur	Sisi selatan
Lantai 1	Penghawaan alami	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semua jendela ditutup</li> <li>• Semua pintu ditutup</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semua jendela ditutup</li> <li>• Pintu geser dibuka sedikit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semua jendela ditutup</li> <li>• Semua pintu ditutup</li> </ul>
	Penghawaan buatan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saat hanya terdapat jamaah lelaki, dua AC <i>Split</i> dioperasikan</li> <li>• Jika terdapat jamaah lelaki dan perempuan, empat AC <i>Split</i> Empat AC <i>Split</i> 2 PK</li> <li>• Kipas angin tidak dioperasikan</li> </ul>	Kipas angin dinding tidak dioperasikan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saat hanya terdapat jamaah lelaki, dua AC <i>Split</i> dioperasikan</li> <li>• Jika terdapat jamaah lelaki dan perempuan, empat AC <i>Split</i> Empat AC <i>Split</i> 2 PK</li> <li>• Kipas angin tidak dioperasikan</li> </ul>
Lantai 2	Penghawaan alami	Kisi-kisi ditutup dengan kaca transparan	Kisi-kisi ditutup dengan kaca transparan	Kisi-kisi ditutup dengan kaca transparan
	Penghawaan buatan	AC <i>Split</i> dioperasikan jika terdapat jamaah yang menempati lantai 2	AC <i>Split</i> dioperasikan jika terdapat jamaah yang menempati lantai 2	AC <i>Split</i> dioperasikan jika terdapat jamaah yang menempati lantai 2

#### 4.3 Kondisi eksisting objek penelitian

##### 4.3.1 orientasi bangunan

sisi terpanjang bangunan sepanjang 22,25 m menghadap kearah utara-selatan, sedangkan sisi yang pendek sepanjang 20 m menghadap kearah barat-timur.

Sehingga bidang selubung bangunan yang terpapar sinar matahari lebih sedikit. Dengan kondisi eksisting orientasi bangunan sudah sesuai dengan prinsip bangunan tropis.



Gambar 4.2 orientasi bangunan

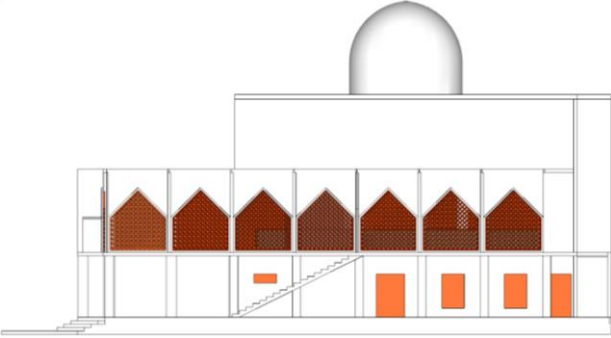
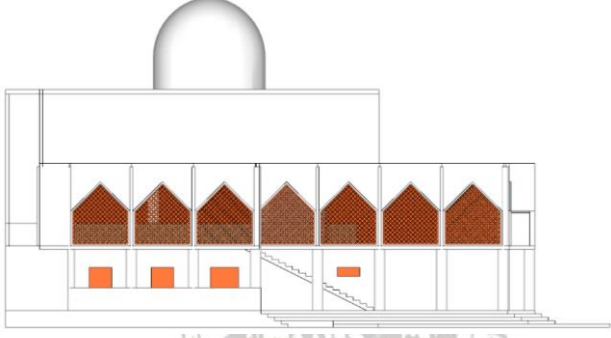
#### 4.3.2 dimensi bukaan

bangunan Masjid Olean Situbondo memiliki luas lantai dasar 450 m<sup>2</sup> dengan rincian area sholat di dalam ruangan seluas 194 m<sup>2</sup> dan teras seluas 256 m<sup>2</sup>. Untuk lantai 2, luas area sholat seluas 212 m<sup>2</sup>. Sehingga untuk area sholat dalam ruangan di lantai 1 memiliki kebutuhan minimal luas bukaan seluas 9,7 m<sup>2</sup> dan area sholat lantai 2 seluas 10,6 m<sup>2</sup>.

Tabel 4.3 analisis dimensi bukaan masjid

Gambar tampak bangunan	Luasan
<p>Tampak depan</p>	<p>a) Lantai 1</p> <p>terdapat empat buah jendela 1.25x1.50 m dan satu pintu 2.00x1.90 m sehingga memiliki luas total bukaan <b>11.3 m<sup>2</sup></b></p> <p>b) Lantai 2</p> <p>Total luas kisi kisi <b>19.12 m<sup>2</sup></b></p>



Gambar tampak bangunan	Luasan
<p>Tampak samping utara</p> 	<p>a) Lantai 1</p> <p>Terdapat dua jendela 1.00x1.50 m, satu jendela 1.00x0.40 m, pintu geser 1.25x1.90 m, dan pintu 0.90x1.90 m, sehingga memiliki luas bukaan <b>7.49 m<sup>2</sup></b></p> <p>b) Lantai 2</p> <p>Total luas kisi kisi <b>21.2 m<sup>2</sup></b></p>
<p>Tampak samping selatan</p> 	<p>c) Lantai 1</p> <p>Terdapat dua jendela 1.00x1.50 m, satu jendela 1.00x0.40 m, pintu geser 1.25x1.90 m, dan pintu 0.90x1.90 m, sehingga memiliki luas bukaan <b>7.49 m<sup>2</sup></b></p> <p>d) Lantai 2</p> <p>Total luas kisi kisi <b>21.2 m<sup>2</sup></b></p>
<p>1) Total luas bukaan untuk area sholat dalam masjid lantai 1 seluas 26,28 m<sup>2</sup>. Dibandingkan dengan kebutuhan area sholat lantai 1 seluas 9.7 m<sup>2</sup> area sholat lantai 1 sudah sesuai dengan standar SNI 03-6572-2001.</p> <p>2) Total luas bukaan untuk area sholat dalam masjid lantai 2 seluas 38,8 m<sup>2</sup>. Dibandingkan dengan kebutuhan area sholat lantai 1 seluas 10.6 m<sup>2</sup> area sholat lantai 2 sudah sesuai dengan standar SNI 03-6572-2001.</p>	

#### 4.3.3 Shading Device



Gambar 4.3 potongan bangunan memperlihatkan *self shading*



Pembayangan pada Masjid Olean Situbondo di lantai 1 disebabkan oleh bangunan itu sendiri dengan lantai 2 yang memiliki konstruksi kantilever. Akibat dari konstruksi kantilever lantai 2 yang memiliki bentang 5 meter pada sisi selatan dan bentang 5.6 meter membuat area sholat di teras lantai masjid menjadi ternaungi.



Gambar 4.4 Kisi – kisi pada Masjid Olean Situbondo

Terdapat kisi kisi – Mashrabiya pada area sholat lantai 2. Penempatan mashrabiya ditempatkan pada sisi utara, timur dan selatan bangunan. namun pada kondisi di lapangan kisi-kisi dalam kondisi ditutup oleh kaca transparan sehingga tidak terdapat aliran udara yang masuk pada lantai 2.

#### 4.3.4 Material eksterior dan interior

Finishing dinding pada dinding interior (lantai 1 dan 2) dan eksterior (lantai 1) menggunakan keramik berukuran 30 x40 cm berwarna putih. Hal ini cukup beresiko mengingat karakteristik keramik yang menyerap panas sehingga ditakutkan membuat temperatur ruangan menjadi tidak nyaman. Namun, pada Masjid Olean dinding dengan finishing keramik putih dalam kondisi ternaungi oleh lantai 2 dengan struktur kantilever. Sehingga tidak terdapat bagian dinding yang terkena paparan radiasi sinar matahari.



Gambar 4.5 eksterior dan interior Masjid Olean Situbondo



Finishing cat berwarna putih untuk eksterior lantai 2. Warna cerah memiliki angka serapan kalor lebih sedikit dibanding warna gelap. Warna putih memiliki angka serapan kalor paling sedikit (10% - 15%)

#### 4.4 Hasil Pengukuran

Hasil pengukuran temperatur udara, kelembapan dan kecepatan aliran udara selama 5 hari pada 8 titik disajikan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil pengukuran penelitian

21 Maret 2021									
Waktu	Variabel pengukuran	1	2	3	4	5	6	7	8
04.10	Temperatur (°C)	24.6	24.8	26.7	27.0	26.6	26.9	27.5	27.6
	Kelembapan (%)	95	96	88	87	88	89	85	84
	Kecepatan angin (m/s)	0	0	0	0	0	0	0	0
11.30	Temperatur (°C)	30.7	30.4	28.5	28.1	28.3	28.3	28	28.1
	Kelembapan (%)	75	76	86	83	83	86	83	83
	Kecepatan angin (m/s)	1.5	1.3	0.5	0	0.6	0	0	0
14.45	Temperatur (°C)	30.3	30.1	29.4	29.2	29.4	29.3	29.3	29.1
	Kelembapan (%)	80	81	83	84	85	85	83	85
	Kecepatan angin (m/s)	0.9	0.8	0	0	0	0	0	0
17.32	Temperatur (°C)	29.9	29.8	29.5	29	29.3	29.1	29.1	29
	Kelembapan (%)	83	84	81	80	82	82	82	83
	Kecepatan angin (m/s)	0	0	0	0	0	0	0	0
18.41	Temperatur (°C)	27.7	27.9	28.1	28.4	28.1	28.3	28	28.1
	Kelembapan (%)	87	89	81	80	82	82	80	81
	Kecepatan angin (m/s)	0	0	0	0	0	0	0	0
22 Maret 2021									
04.10	Temperatur (°C)	25.5	25.5	26.5	26.9	26.7	26.7	26.8	26.9
	Kelembapan (%)	95	97	88	85	89	89	85	84
	Kecepatan angin (m/s)	0	0	0	0	0	0	0	0
11.30	Temperatur (°C)	30.7	30.5	29	28.8	29	28.9	29	28.8
	Kelembapan (%)	76	78	82	81	83	84	82	81
	Kecepatan angin (m/s)	1	0.9	0	0	0	0	0	0
14.45	Temperatur (°C)	30.3	30	29.6	29.4	29.7	29.6	29.5	29.4
	Kelembapan (%)	77	79	80	78	81	81	78	79
	Kecepatan angin (m/s)	0.8	0.5	0	0	0	0	0	0
17.32	Temperatur (°C)	28.1	28	28.2	28.4	28.2	28.3	28.4	28.3
	Kelembapan (%)	81	82	79	77	79	80	77	78
	Kecepatan angin (m/s)	0	0	0	0	0	0	0	0
18.41	Temperatur (°C)	27.2	27.1	27.6	27.8	27.5	27.6	27.6	27.7
	Kelembapan (%)	84	85	80	79	81	82	82	83
	Kecepatan angin (m/s)	0	0	0	0	0	0	0	0
23 Maret 2021									
04.10	Temperatur (°C)	25.7	25.8	26.5	26.9	26.7	26.7	26.8	26.9
	Kelembapan (%)	97	98	88	88	89	90	85	86
	Kecepatan angin (m/s)	0	0	0	0	0	0	0	0
11.30	Temperatur (°C)	30.8	30.7	29	28.8	29	28.9	29	28.8
	Kelembapan (%)	76	78	82	81	83	84	82	81
	Kecepatan angin (m/s)	1.2	1	0	0	0.5	0	0	0
14.45	Temperatur (°C)	30.9	30.7	29.8	29.5	29.9	29.8	29.8	29.7
	Kelembapan (%)	75	78	80	78	81	81	78	79

21 Maret 2021									
Waktu	Variabel pengukuran	1	2	3	4	5	6	7	8
17.32	Kecepatan angin (m/s)	0.5	0	0	0	0	0	0	0
	Temperatur (°C)	28.1	28	29.1	29.3	29.2	29.1	28.8	28.9
	Kelembapan (%)	80	82	79	77	79	79	76	77
	Kecepatan angin (m/s)	0	0	0	0	0	0	0	0
18.41	Temperatur (°C)	27.5	27.5	28.5	28.8	28.5	28.4	28.7	28.8
	Kelembapan (%)	88	89	86	86	85	85	84	84
	Kecepatan angin (m/s)	0	0	0	0	0	0	0	0
24 Maret 2021									
04.10	Temperatur (°C)	26.6	26.7	26.9	26.5	26.8	26.7	26.6	26.5
	Kelembapan (%)	89	91	87	85	86	87	86	87
	Kecepatan angin (m/s)	0	0	0	0	0	0	0	0
11.30	Temperatur (°C)	30.6	30.4	28.6	28.4	28.7	28.6	28.5	28.4
	Kelembapan (%)	75	76	84	83	84	86	82	83
	Kecepatan angin (m/s)	1.5	1.4	0.5	0	0.6	0	0	0
14.45	Temperatur (°C)	30.9	30.7	28.8	28.4	28.9	28.6	28.5	28.6
	Kelembapan (%)	76	78	84	80	86	85	80	81
	Kecepatan angin (m/s)	0.8	0.5	0	0	0	0	0	0
17.32	Temperatur (°C)	28.3	28.3	28.5	28.8	28.5	28.4	28.7	28.8
	Kelembapan (%)	85	87	84	83	82	84	83	83
	Kecepatan angin (m/s)	0	0	0	0	0	0	0	0
18.41	Temperatur (°C)	27.7	27.7	28.5	28.9	28.5	28.4	28.7	28.8
	Kelembapan (%)	85	86	84	81	83	83	83	84
	Kecepatan angin (m/s)	0	0	0	0	0	0	0	0
25 Maret 2021									
04.10	Temperatur (°C)	26.3	26.3	27.1	27.3	27.1	27.2	27.4	27.3
	Kelembapan (%)	95	96	86	84	87	88	84	85
	Kecepatan angin (m/s)	0	0	0	0	0	0	0	0
11.30	Temperatur (°C)	30.7	30.6	28.6	28.4	28.7	28.6	28.5	28.4
	Kelembapan (%)	75	76	84	83	84	86	82	83
	Kecepatan angin (m/s)	1.8	1.5	0.5	0	0.8	0	0	0
14.45	Temperatur (°C)	30.6	30.4	29.6	29.3	29.7	29.6	29.6	29.5
	Kelembapan (%)	75	78	80	78	81	81	78	79
	Kecepatan angin (m/s)	1	0.8	0	0	0.5	0	0	0
17.32	Temperatur (°C)	29.9	29.9	29.6	29.1	29.3	29.2	29.1	29
	Kelembapan (%)	83	84	76	75	74	76	73	72
	Kecepatan angin (m/s)	0	0	0	0	0	0	0	0
18.41	Temperatur (°C)	27.7	27.7	27.9	28	27.9	28	27.9	28
	Kelembapan (%)	87	89	85	83	86	86	83	83
	Kecepatan angin (m/s)	0	0	0	0	0	0	0	0

Dari data pengukuran tersebut kemudian dicari temperatur rata-rata, kelembapan rata-rata dan kecepatan angin rata-rata dari data indoor dan outdoor dalam kondisi bangunan pasif / hanya menggunakan penghawaan alami.

Tabel 4.5 Rata-rata temperatur, kelembapan dan kecepatan angin

waktu	outdoor			Indoor		
	Temperatur (°C)	Kelembapan (%)	Kecepatan angin (m/s)	Temperatur (°C)	Kelembapan (%)	Kecepatan angin (m/s)
04.10 WIB (subuh)	25,78	94,9	0	26,89	86,63	0



waktu	outdoor			Indoor		
	Temperatur (°C)	Kelembapan (%)	Kecepatan angin (m/s)	Temperatur (°C)	Kelembapan (%)	Kecepatan angin (m/s)
11.30 WIB (dzuhur)	30,64	76,1	1,31	29,35	79,06	0,133
14.45 WIB (ashar)	30,49	77,7	0,66	28,88	81,06	0,017
17.32 WIB (maghrib)	28,83	83,1	0	27,77	82,9	0
18.41 WIB (isya')	27,57	86,9	0	27,02	83,13	0

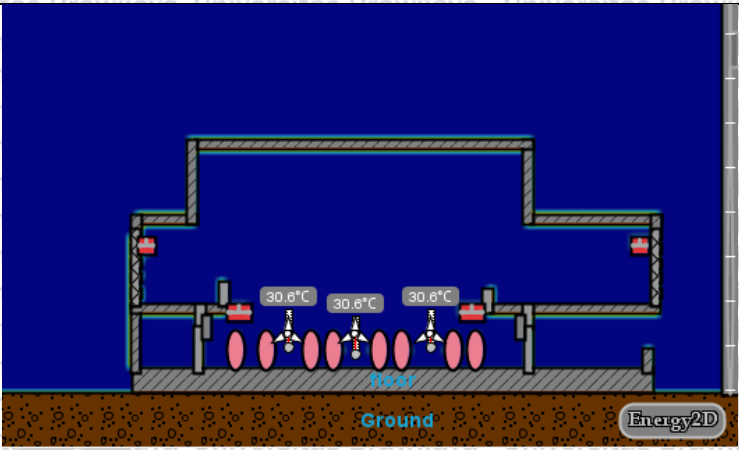
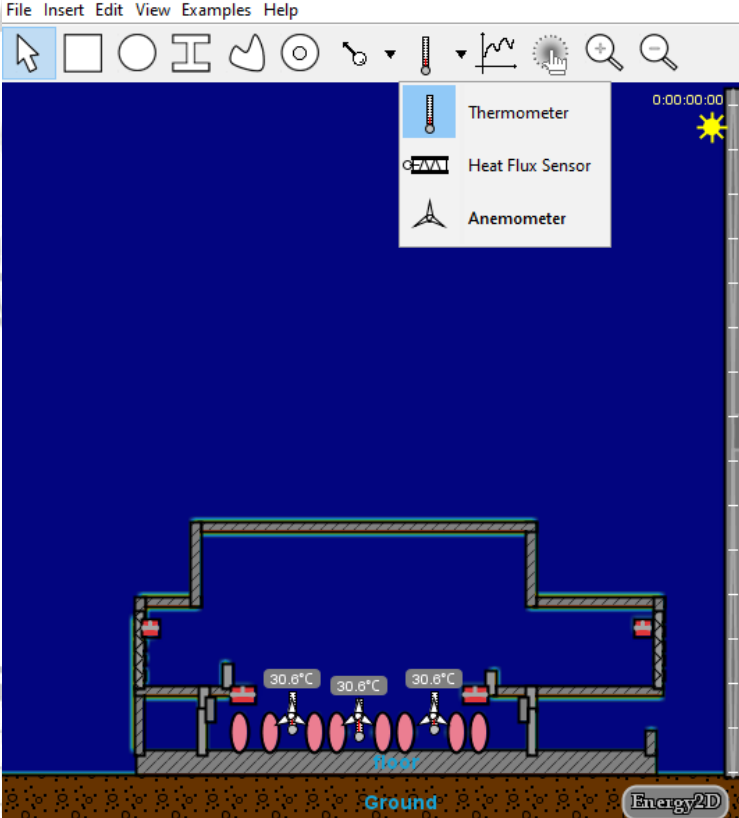
Dari data yang didapatkan dapat dikategorikan berdasarkan Standar Tata Cara Perencanaan Teknis Konservasi Energi pada Bangunan Gedung, pada pukul 04.10, 17.32 dan 18.41 temperatur dalam bangunan dikategorikan sebagai kondisi hangat nyaman, dengan temperatur ruangan rata-rata 26.89 °C, 27.77 °C dan 27.02 °C. sedangkan pada pukul 11.30, 14.45, dikategorikan sebagai kondisi tidak nyaman. Sehingga waktu yang akan dianalisis adalah pukul 11.30 WIB dan 14.45 WIB dengan menggunakan simulasi skenario yang sudah dipersiapkan.

#### 4.5 Batasan Kondisi Simulasi

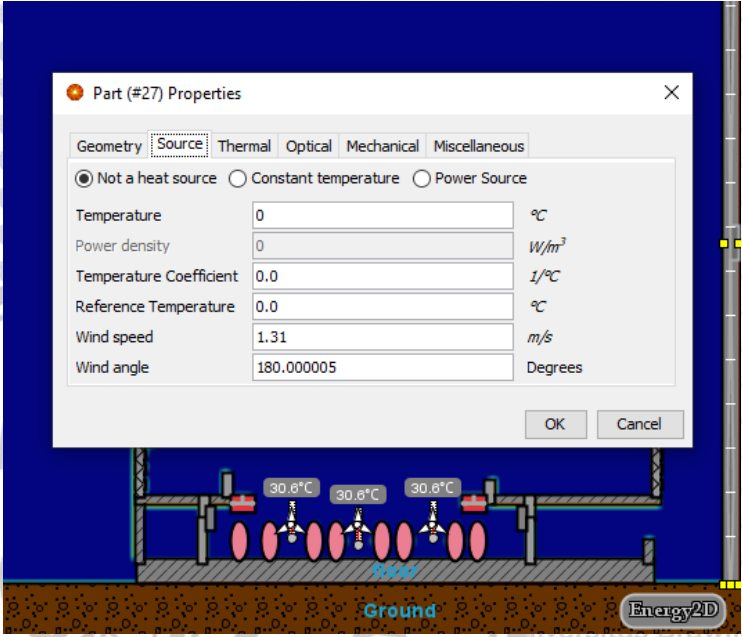
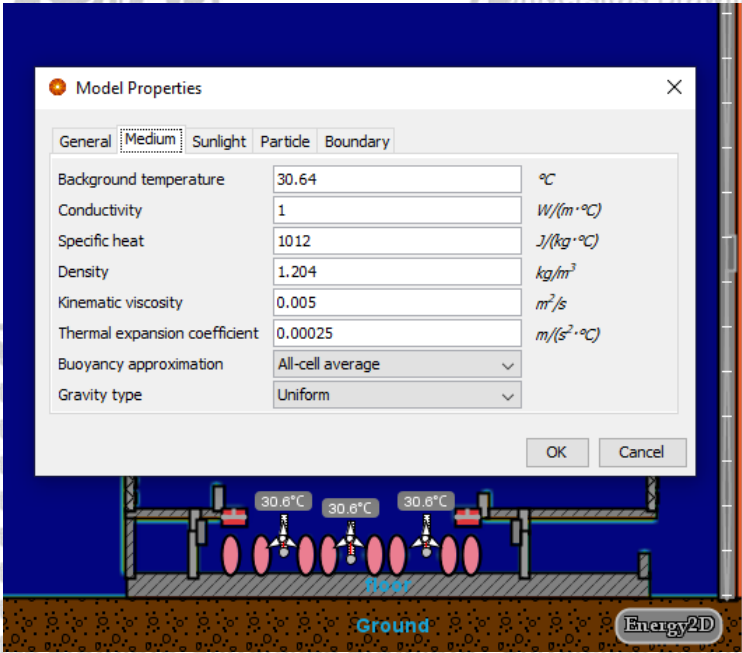
Batasan kondisi simulasi berdasarkan atas batasan *software* simulasi sesuai dengan fitur *software* yang tersedia, kondisi lingkungan saat simulasi yang disesuaikan dengan kondisi eksisting dan asumsi kondisi pengguna saat simulasi.

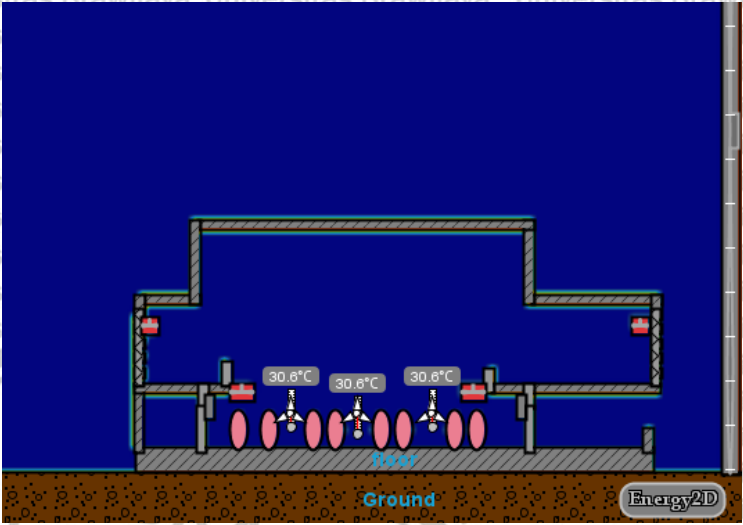
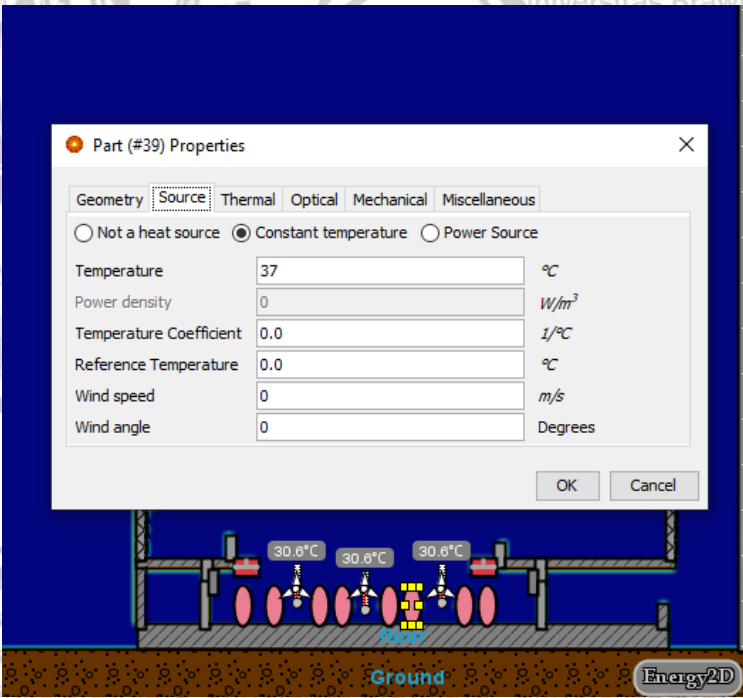
Tabel 4.6 batasan kondisi simulasi

Batasan	Kondisi batasan
<i>Software</i> simulasi	Menggunakan gambar 2D dari potongan saja. sehingga hanya dapat melakukan simulasi pada 2 sumbu saja (x dan y)

Batasan	Kondisi batasan
	
	<p>Variabel yang akan disimulasikan hanya terbatas kecepatan aliran udara dan temperatur ruang saja</p> 



Batasan	Kondisi batasan
Kondisi Lingkungan	<p>kecepatan udara luar ruangan pada pukul 11.30 WIB adalah 1.31 m/s dan pada pukul 14.45 WIB adalah 0.66 m/s</p> 
	<p>Background temperatur pada pukul 11.30 adalah 30,64 °C dan pada pukul 14.45 adalah 30,49 °C.</p> 

Batasan	Kondisi batasan
Pengguna maksimal	16 jamaah untuk potongan A-A', B-B', C-C', D-D' dan 13 jamaah untuk potongan E-E' dan F-F'.
	
	<p>Temperatur tubuh jamaah 37 °C</p> 

#### 4.6 Validasi perbandingan hasil pengukuran

Dengan membandingkan hasil pengukuran dengan hasil simulasi menggunakan software *Energy 2D* untuk mengetahui *relative error* software simulasi *Energy 2D*, hasil pengukuran pada survey dan pada software simulasi dipaparkan pada tabel 4.6



Tabel 4.7 perbandingan hasil pengukuran survey dan simulasi

Waktu	Hasil survey temperatur ruang (°C)				Hasil simulasi temperatur ruang (°C)			
	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6
04.10	26,7	27	26.6	26,9	25,3	25,9	25,3	25,6
11.30	28,5	28,1	28.3	28,3	27,2	26,6	27,1	27,01
14.45	29,4	29,2	29.4	29,3	28,2	27,6	28,02	28,03
17.32	29,5	29	29.3	29,1	28,1	27,4	27,9	27,7
18.41	28,1	28,4	28.1	28,3	26,7	27,1	26,8	27,06

Dengan menggunakan rumus *relative error*, didapat nilai *relative error* temperatur udara berkisar 4,07% hingga 4,98% dengan rincian pada tabel 4.7

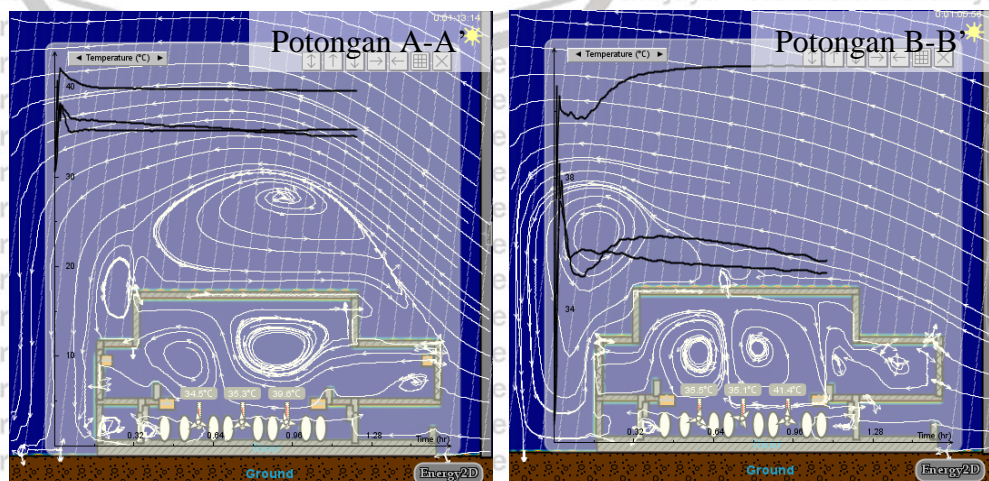
Tabel 4.8 *Relative error* temperatur ruang

Waktu	<i>Relative error</i> temperatur ruang			
	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6
04.10	4,24 %	4,07 %	4,88 %	4,83 %
11.30	4,56 %	4,33 %	4,24 %	4,55 %
14.45	4,08 %	4,47 %	4,76 %	4,33 %
17.32	4,74 %	4,37 %	4,77 %	4,81 %
18.41	4,98 %	4,57 %	4,62 %	4,38 %

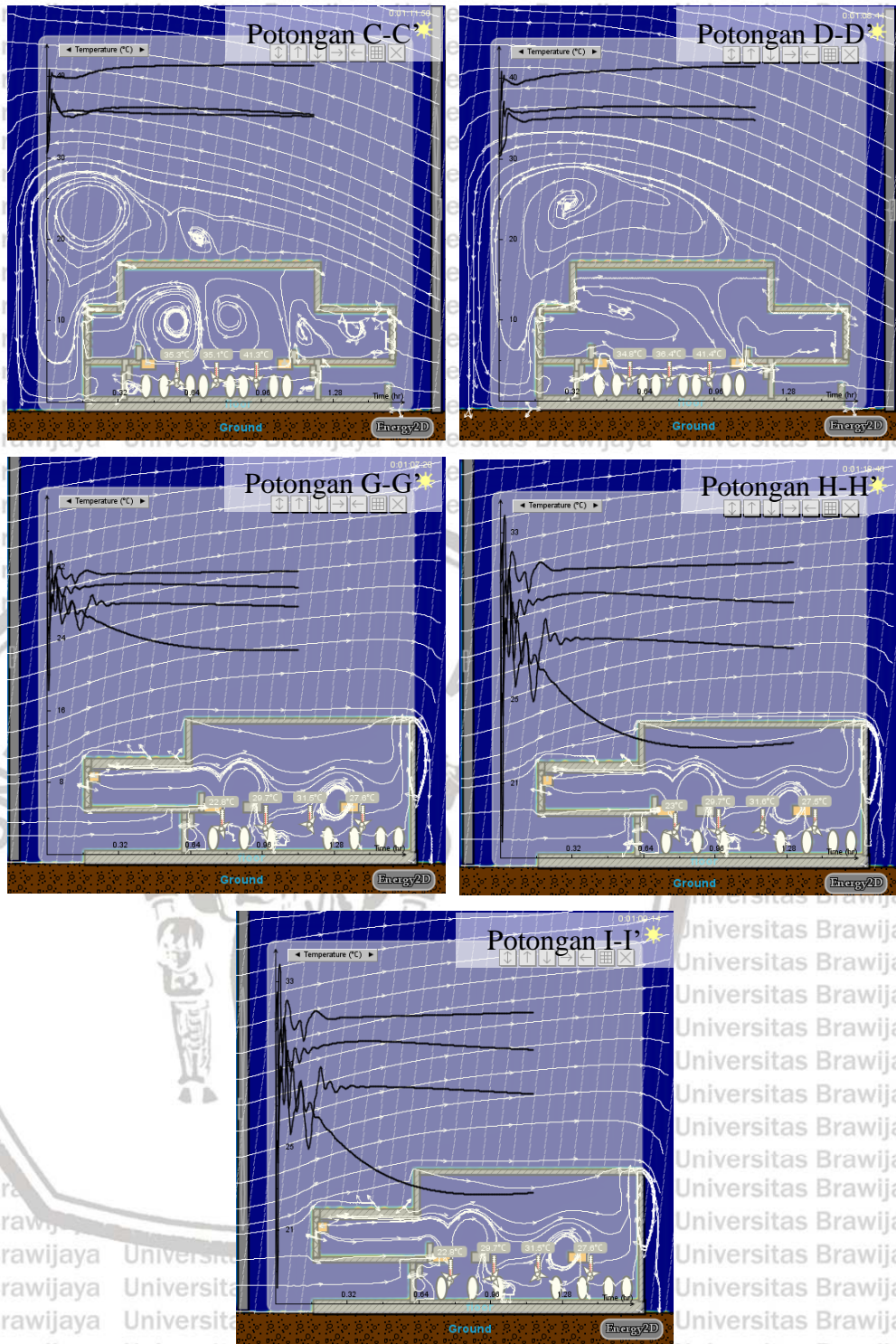
## 4.7 Simulasi menggunakan Energy2D

### 4.7.1 Simulasi pada pukul 11.30 WIB

1. Skenario 1 ( $v_{ac} = 0.1 \text{ m/s}$ ,  $T_{ac} = 22^\circ\text{C}$ ,  $n = 8 \text{ orang}$ )

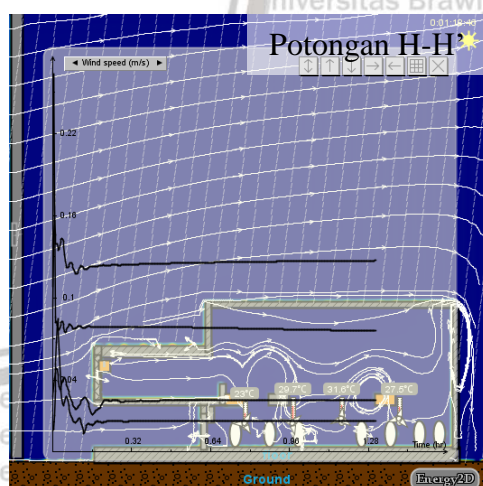
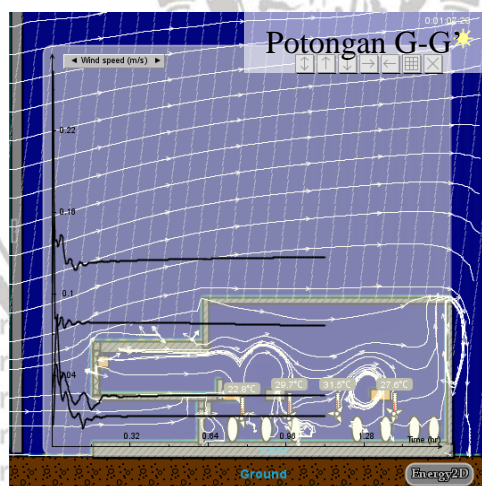
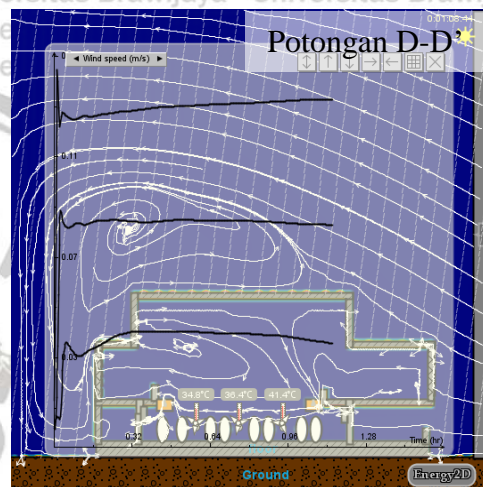
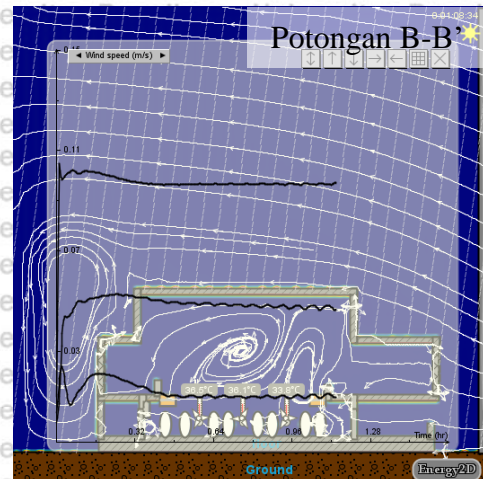
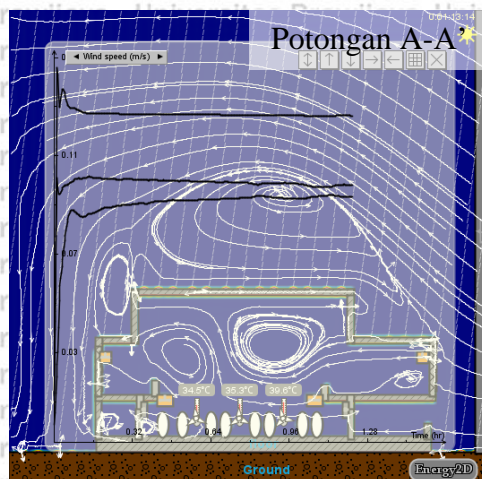




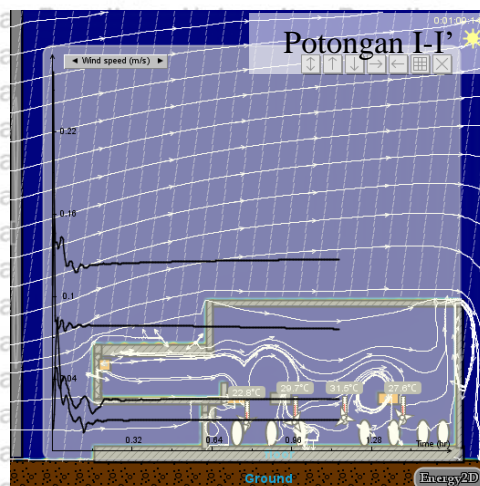


Gambar 4.6 Grafik temperatur skenario 1 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'









Gambar 4.7 Grafik kecepatan aliran udara skenario 1 potongan A-A’, B-B’, C-C’, D-D’, G-G’, H-H’, I-I’

Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 3 dengan temperatur ruang rata rata 35.5 °C dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 4 dengan kecepatan aliran udara rata rata sebesar 0.13 m/s

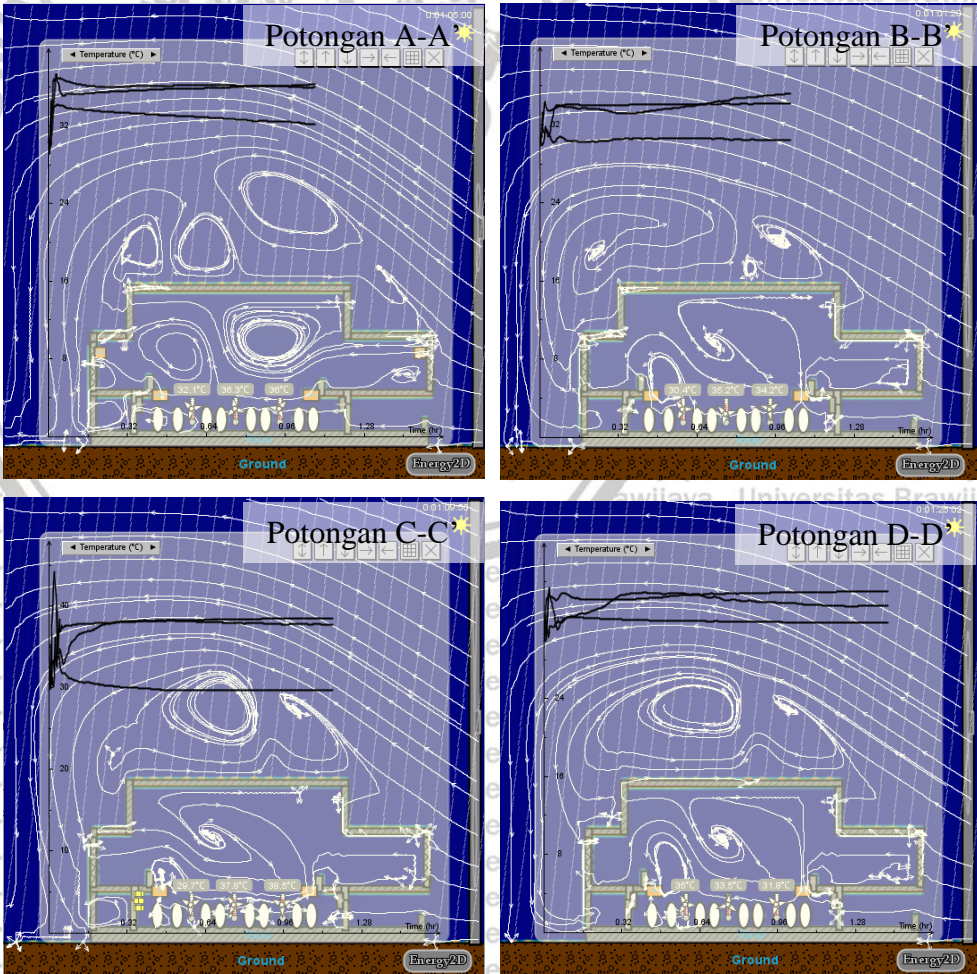
Tabel 4.9 Hasil simulasi pukul 11.30 skenario 1

Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A’	1	27.5	0.05
	5	28.1	0.02
	9	26.8	0.01
Potongan B-B’	2	27.4	0.06
	6	26.9	0.01
	10	26.7	0.02
Potongan C-C’	3	27.3	0.06
	7	26.8	0.02
	11	26.9	0.03
Potongan D-D’	4	27.3	0.06
	8	26.7	0.01
	12	27.1	0.03
Potongan G-G’	1	26.8	0.02
	2	25.5	0.01

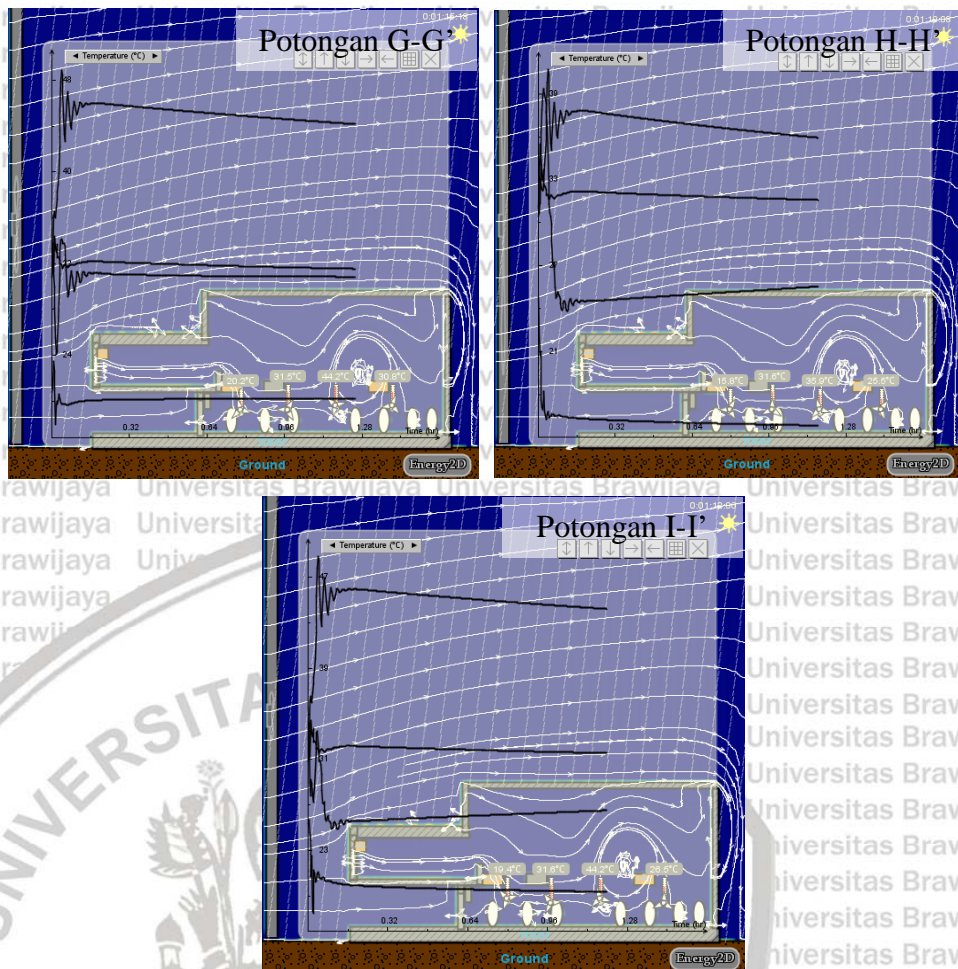


Titik pengamatan	Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
3	28.6	0.02
	30.3	0.03
5	26.9	0.02
6	25.5	0.02
7	28.4	0.02
8	30.2	0.04
Potongan I-I'	27	0.02
	26.3	0.01
	28	0.01
	30.1	0.04

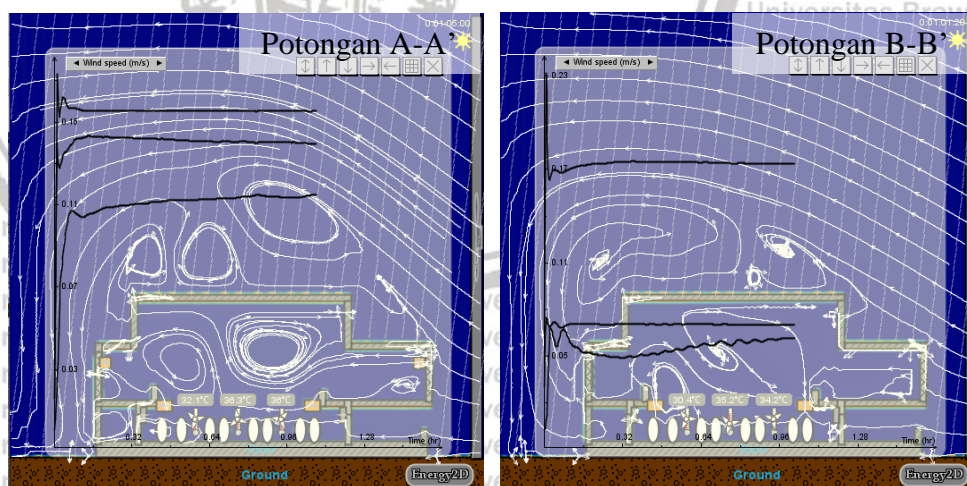
2. Skenario 2 (v<sub>ac</sub>= 0.4 m/s, T<sub>ac</sub>=22°C, n= 8 orang)



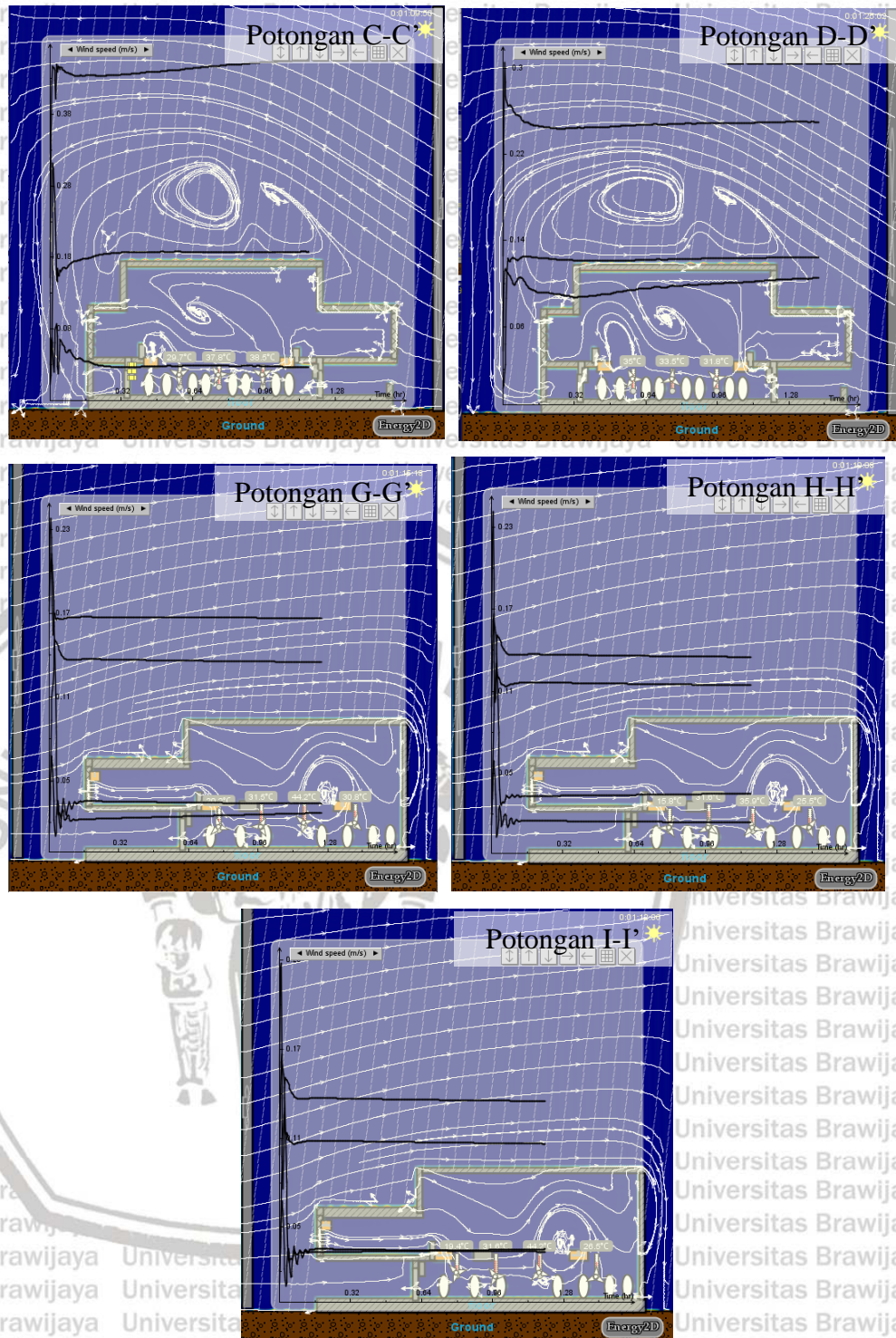




Gambar 4.8 Grafik temperatur skenario 2 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'







Gambar 4.9 Grafik kecepatan aliran udara skenario 2 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'

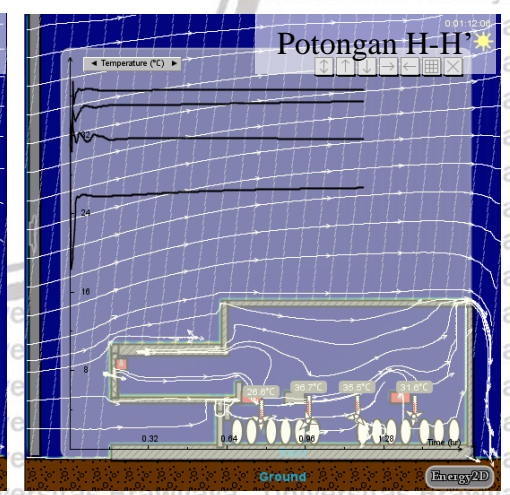
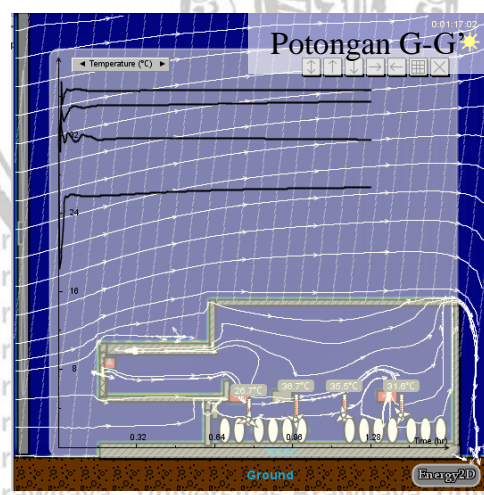
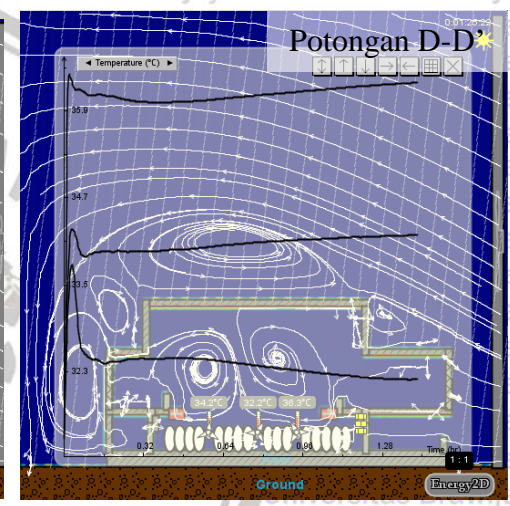
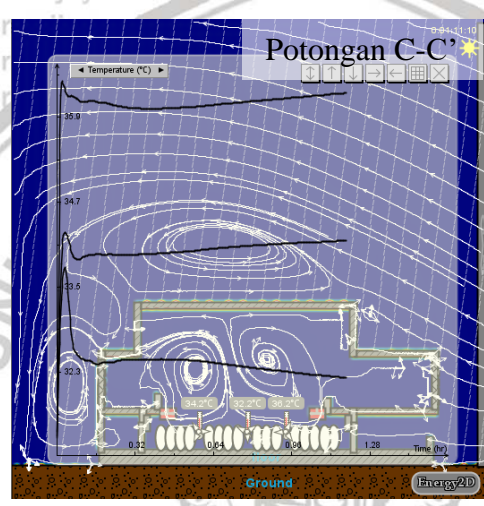
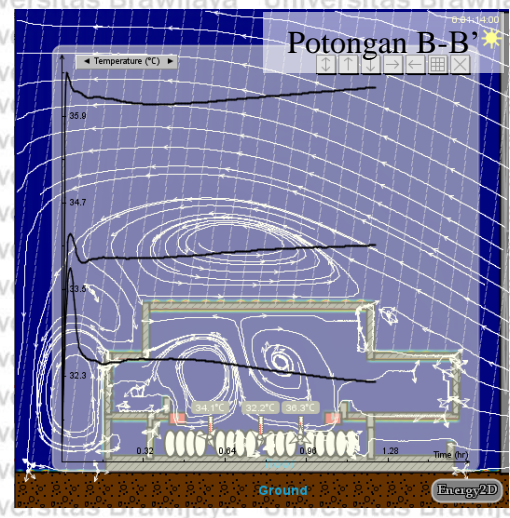
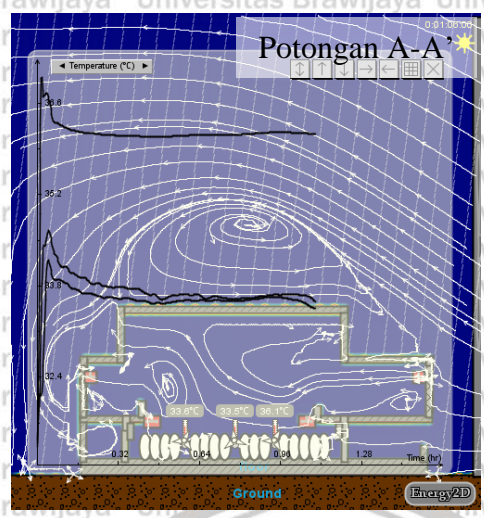
Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 2 dengan temperatur ruang rata rata 39.2 °C dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 4 dengan kecepatan aliran udara rata rata sebesar 0.29 m/s

Tabel 4.10 Hasil simulasi pukul 11.30 Skenario 2

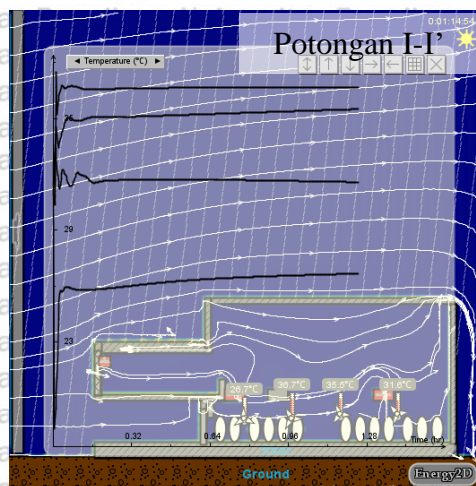
Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	25.7	0.23
	5	20.7	0.32
	9	26	0.3
Potongan B-B'	2	26	0.21
	6	26.8	0.1
	10	25.3	0.05
Potongan C-C'	3	26.2	0.21
	7	26.7	0.1
	11	25.1	0.05
Potongan D-D'	4	26.1	0.21
	8	26.8	0.1
	12	25.2	0.05
Potongan G-G'	1	23.8	0.07
	2	25.5	0.14
	3	26.5	0.04
	4	24.6	0.12
Potongan H-H'	5	24.8	0.05
	6	24.3	0.13
	7	26	0.04
	8	25.2	0.11
Potongan I-I'	9	24.1	0.04
	10	25.1	0.14
	11	26.4	0.04
	12	24.8	0.12



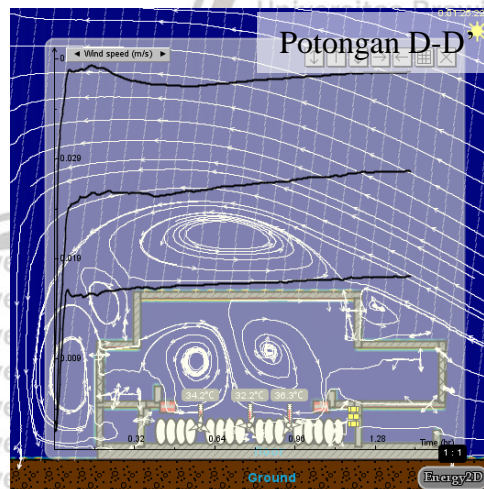
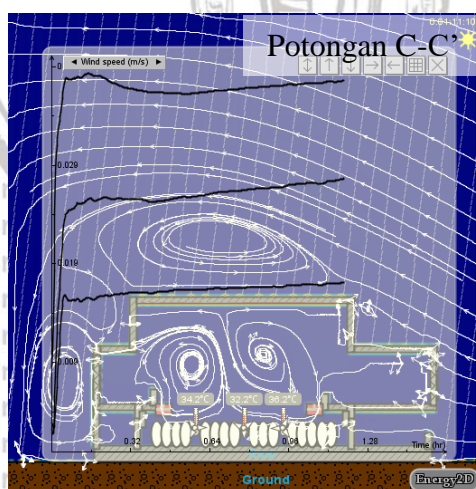
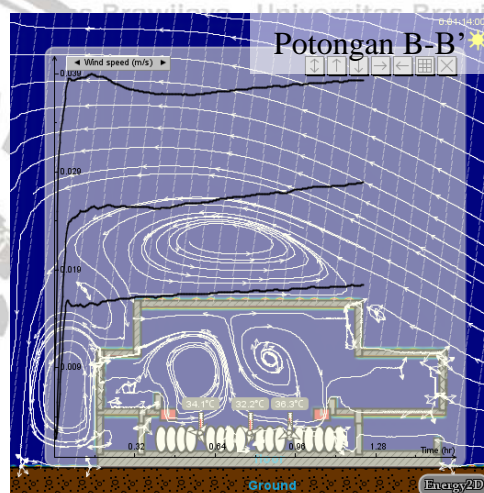
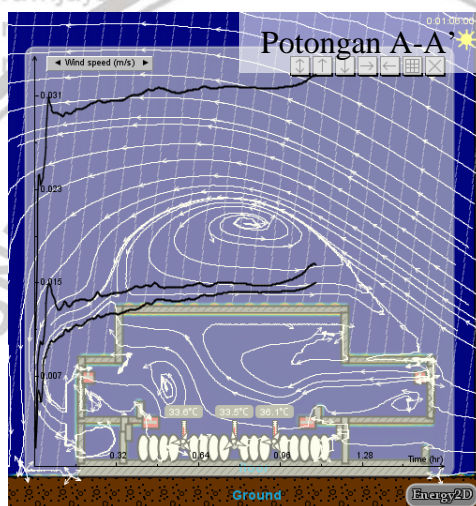
3. Skenario 3 ( $v_{ac} = 0.1 \text{ m/s}$ ,  $T_{ac} = 26^\circ\text{C}$ ,  $n = 16 \text{ orang}$ )



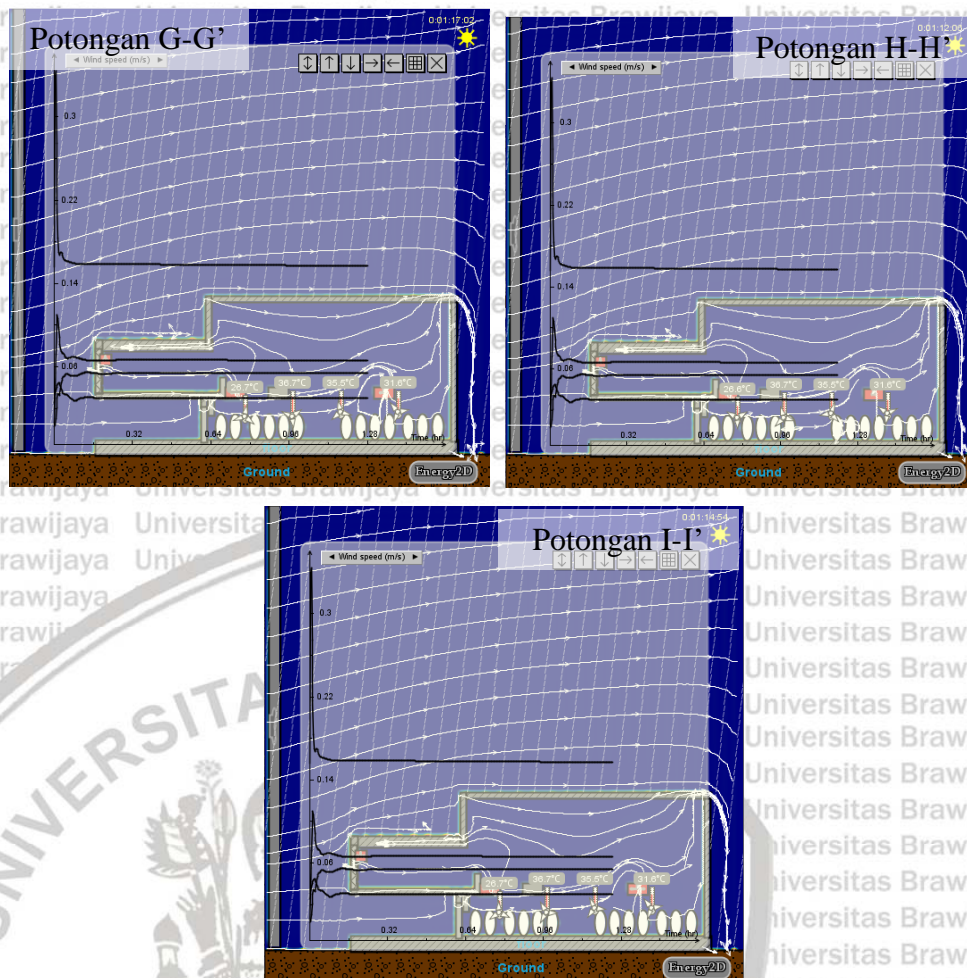




Gambar 4.10 Grafik temperatur skenario 3 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'







Gambar 4.11 Grafik kecepatan aliran udara skenario 3 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'

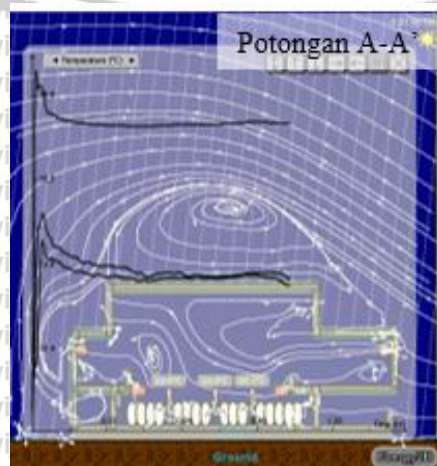
Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 3 dengan temperatur ruang rata rata 36.5 °C dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 2 dan 12 dengan kecepatan aliran udara rata rata sebesar 0.1 m/s

Tabel 4.11 Hasil simulasi pukul 11.30 Skenario 3

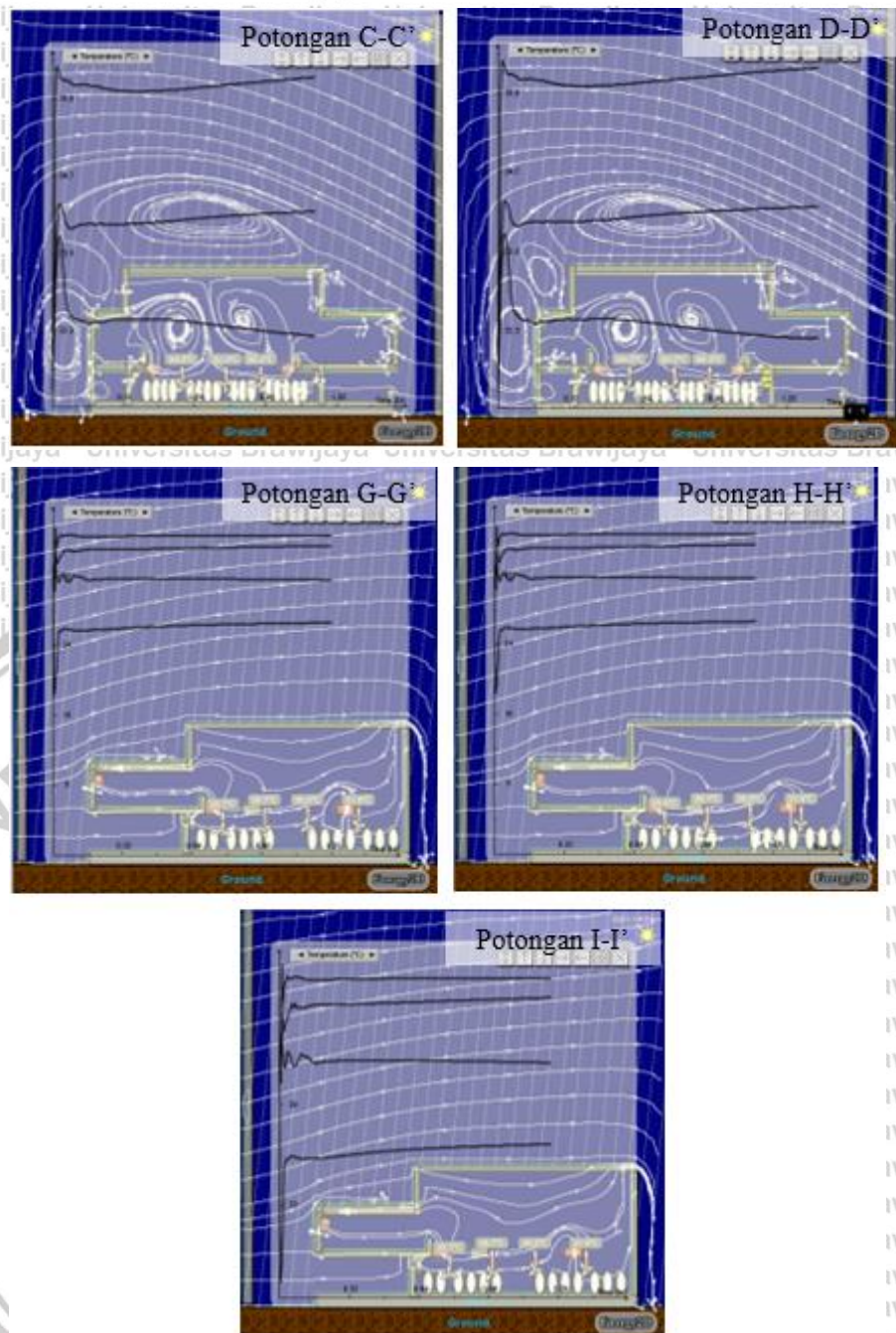
Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	26.7	0.03
	5	27.3	0.03
	9	27.1	0.01
Potongan B-B'	2	27.5	0.07
	6	28.1	0.04

Titik pengamatan	Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan C-C'	10	27.6
	3	27.5
	7	28.1
	11	27.6
Potongan D-D'	4	26.9
	8	27.8
	12	27.1
Potongan G-G'	1	25.8
	2	26.5
	3	27.4
	4	25.8
Potongan H-H'	5	25.5
	6	26.2
	7	26.8
	8	25.4
Potongan I-I'	9	25.8
	10	26.5
	11	27.4
	12	25.8

4. Skenario 4 ( $v_{ac} = 0.4$  m/s,  $T_{ac}=26^{\circ}\text{C}$ ,  $n= 16$  orang)

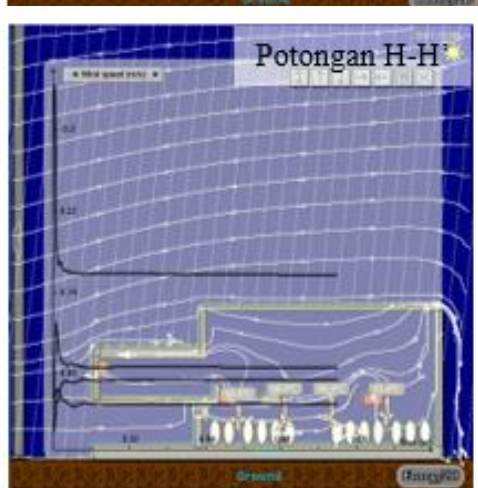
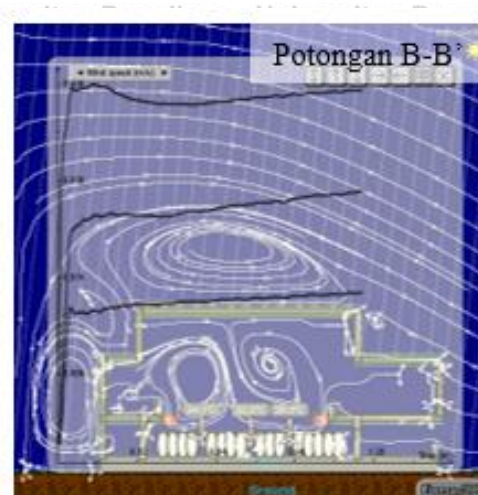
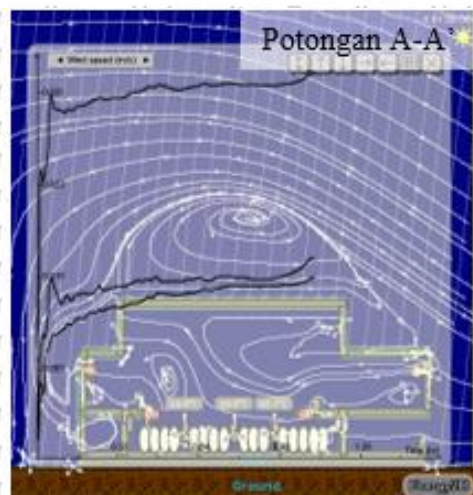




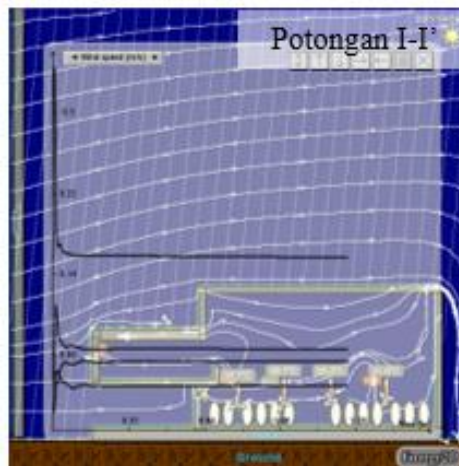


Gambar 4.12 Grafik temperatur skenario 4 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'









Gambar 4.13 Grafik kecepatan aliran udara skenario 4 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'

Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 3 dengan temperatur ruang rata rata 36.5 °C dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 2 dan 12 dengan kecepatan aliran udara rata rata sebesar 0.1 m/s

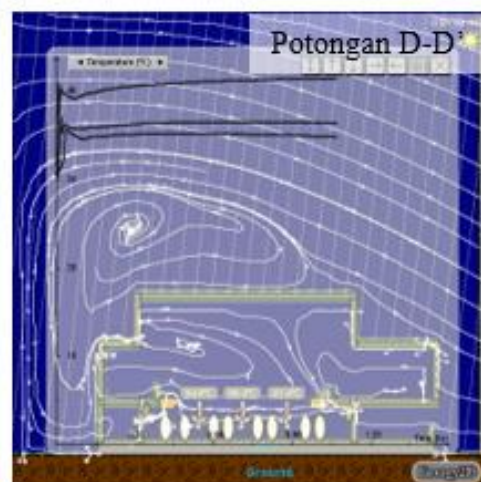
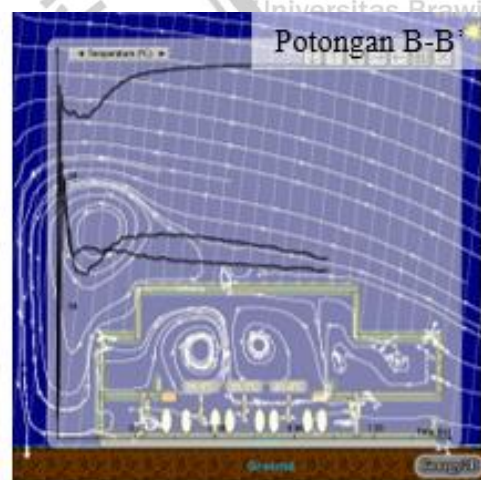
Tabel 4.12 Hasil simulasi pukul 11.30 Skenario 4

Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	26.9	0.11
	5	28.8	0.25
	9	26.6	0.2
Potongan B-B'	2	26	0.12
	6	27.9	0.25
	10	26.2	0.38
Potongan C-C'	3	26.6	0.11
	7	28.3	0.25
	11	26.9	0.37
Potongan D-D'	4	26.5	0.12
	8	28.5	0.26
	12	26.8	0.38
Potongan G-G'	1	27.2	0.06
	2	28.1	0.07

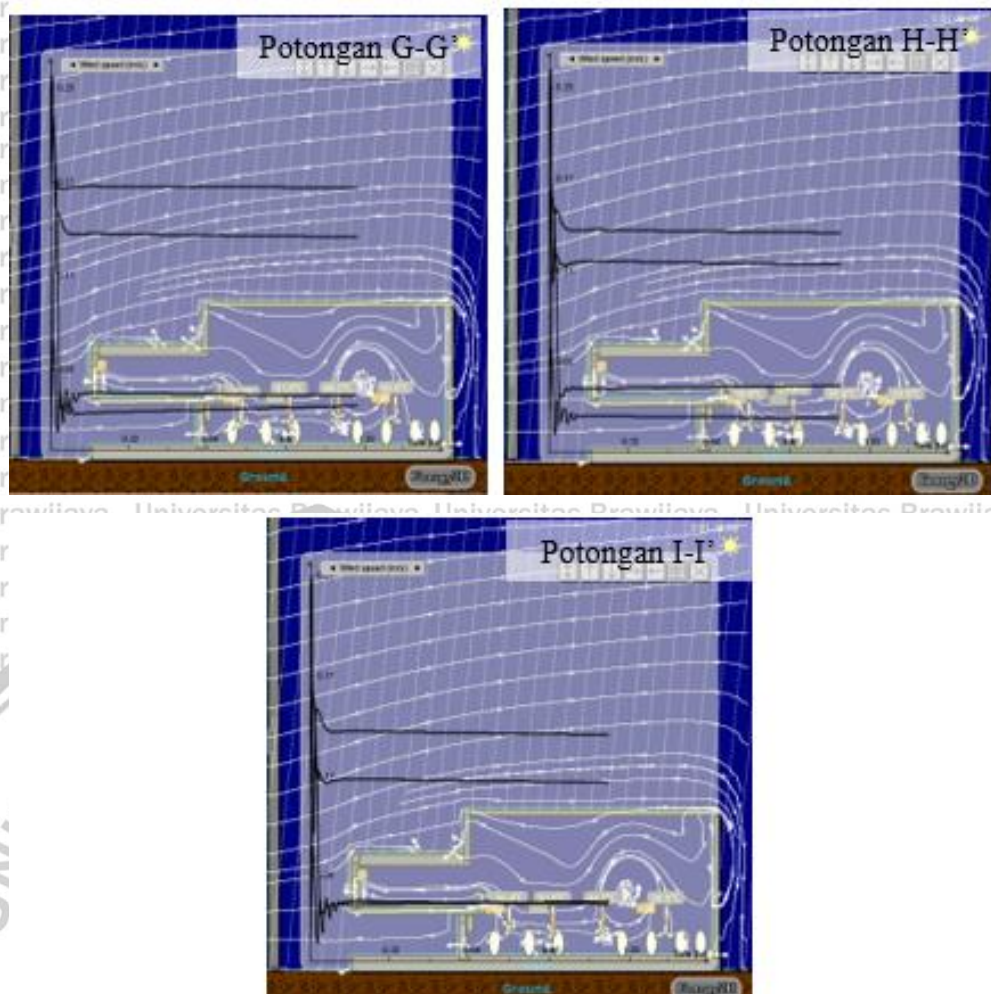


Titik pengamatan	Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
3	27.9	0.03
4	26.8	0.18
5	27	0.06
6	27.9	0.08
Potongan H-H'	7	28.2
	8	26.7
	9	27.2
	10	28.1
Potongan I-I'	11	27.9
	12	26.8

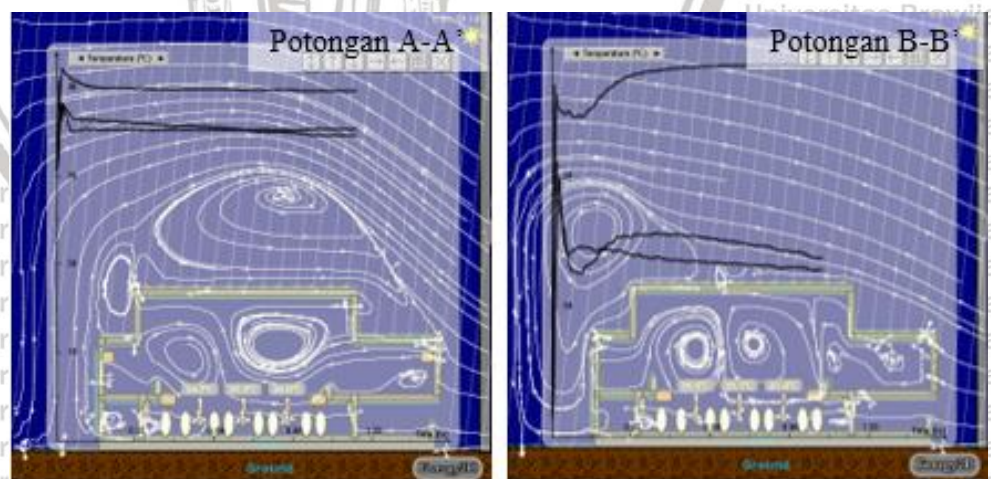
5. Skenario 5 ( $v_{ac} = 0.1$  m/s,  $T_{ac} = 26^\circ\text{C}$ ,  $n = 8$  orang)



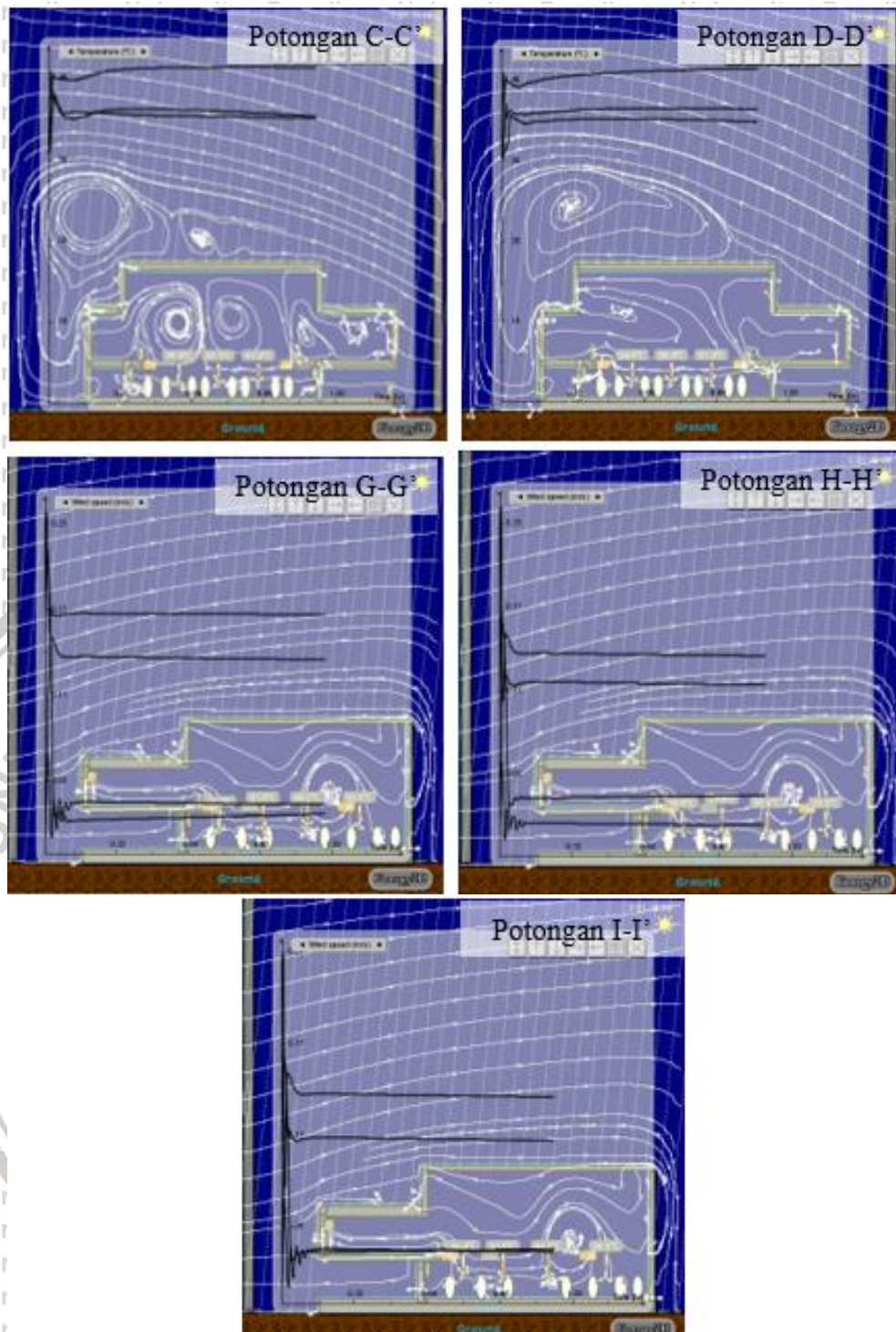




Gambar 4.14 Grafik temperatur skenario 5 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'







Gambar 4.15 Grafik kecepatan aliran udara skenario 5 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'

Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 3, dengan temperatur ruang rata rata  $36.5^{\circ}\text{C}$  dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 2 dan 12 dengan kecepatan aliran udara rata rata sebesar  $0.1\text{ m/s}$

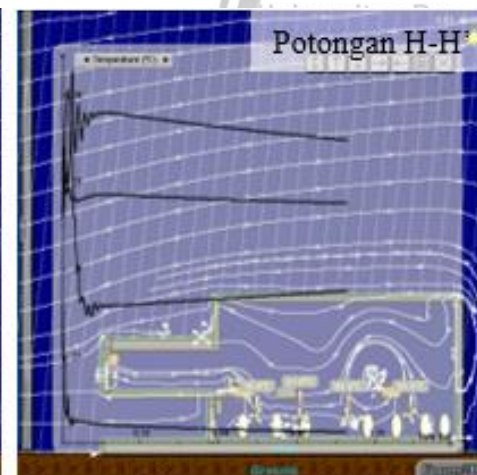
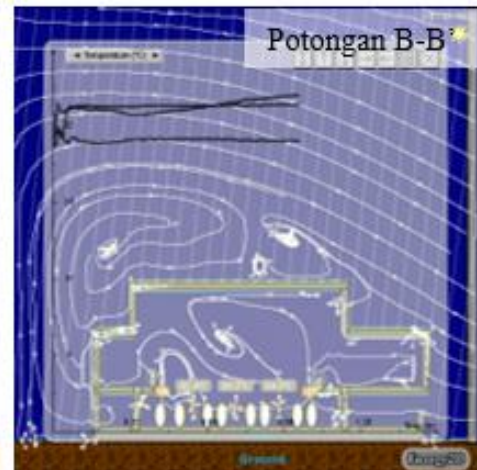
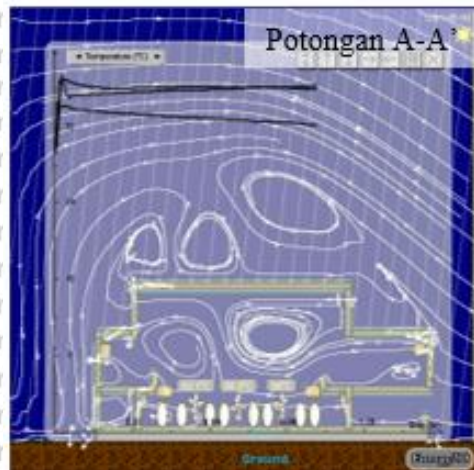


Tabel 4.13 Hasil simulasi pukul 11.30 Skenario 5

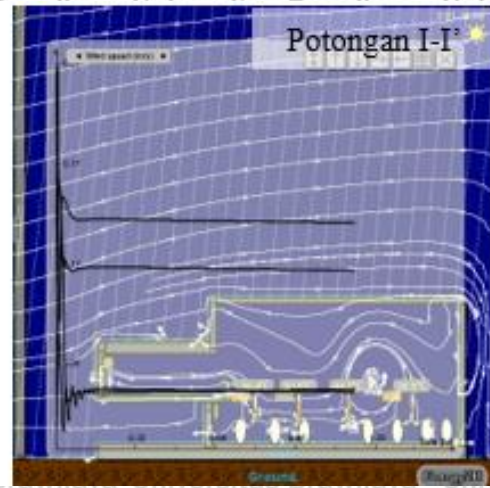
Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	28.4	0.06
	5	26.8	0.05
	9	27.2	0.02
Potongan B-B'	2	28	0.07
	6	27.2	0.02
	10	27.7	0.03
Potongan C-C'	3	27.5	0.07
	7	27.1	0.02
	11	27.4	0.04
Potongan D-D'	4	27.4	0.06
	8	27.2	0.01
	12	28.1	0.04
Potongan G-G'	1	28.8	0.03
	2	25.3	0.01
	3	27.9	0.02
	4	30.4	0.04
Potongan H-H'	5	28.8	0.04
	6	25.1	0.01
	7	27.7	0.01
	8	30.2	0.04
Potongan I-I'	9	28.7	0.03
	10	25.2	0.02
	11	27.8	0.01
	12	30.4	0.04



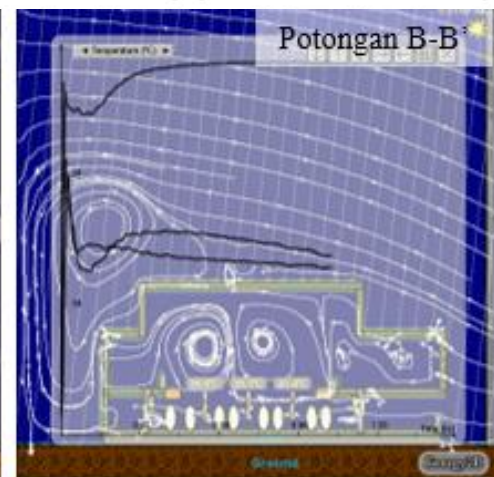
6. Skenario 6 ( $v_{ac} = 0.4 \text{ m/s}$ ,  $T_{ac} = 26^\circ\text{C}$ ,  $n = 8 \text{ orang}$ )



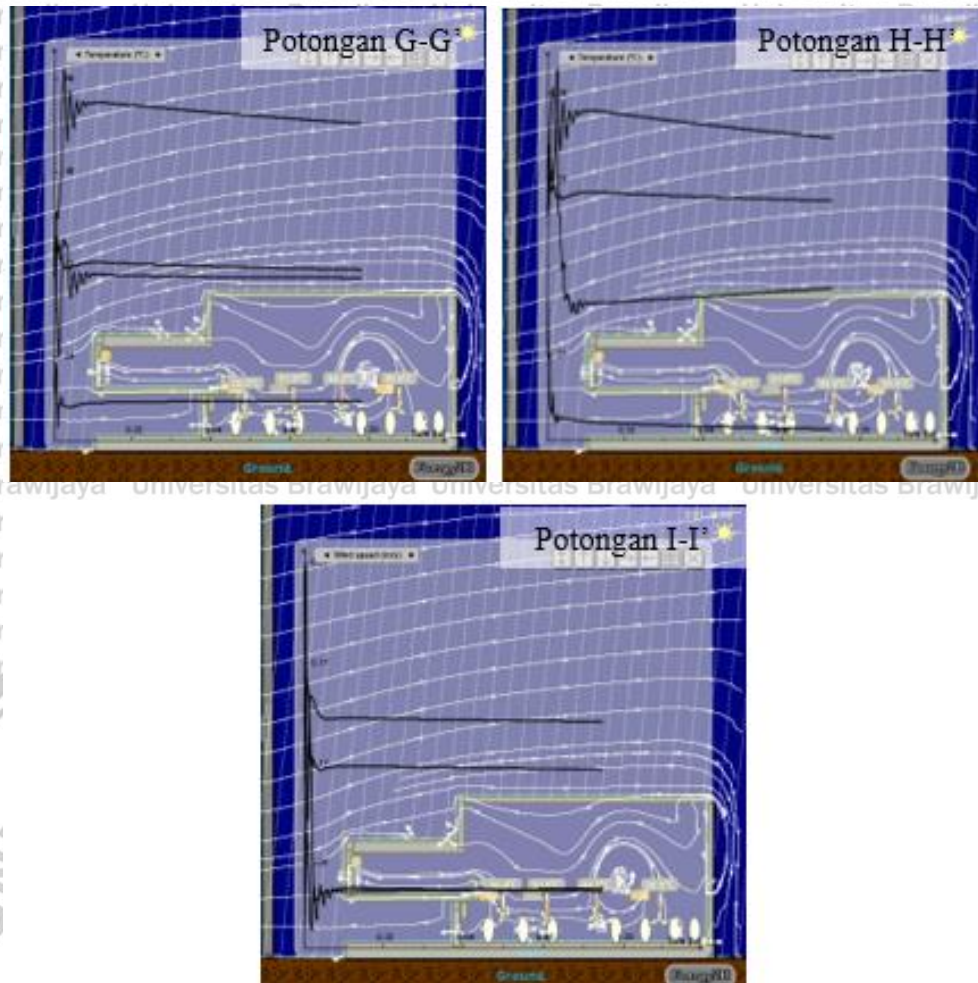




Gambar 4.16 Grafik temperatur skenario 6 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'







Gambar 4.17 Grafik kecepatan aliran udara skenario 6 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'

Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 3, dengan temperatur ruang rata rata 36.5 °C dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 2 dan 12 dengan kecepatan aliran udara rata rata sebesar 0.1 m/s

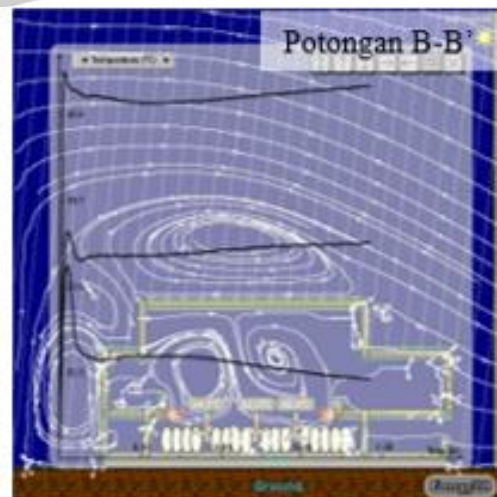
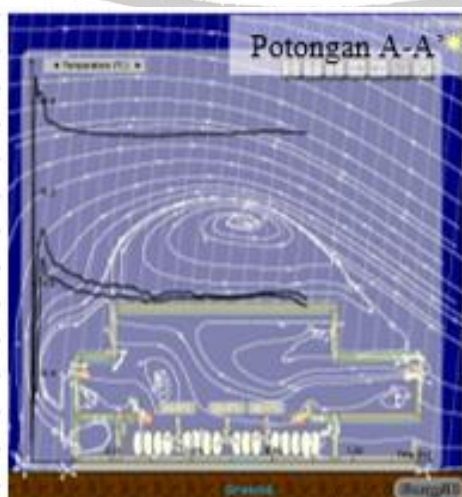
Tabel 4.14 Hasil simulasi pukul 11.30 Skenario 6

Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	27.8	0.29
	5	20.9	0.31
	9	26.8	0.23
Potongan B-B'	2	26.2	0.22
	6	26.3	0.11

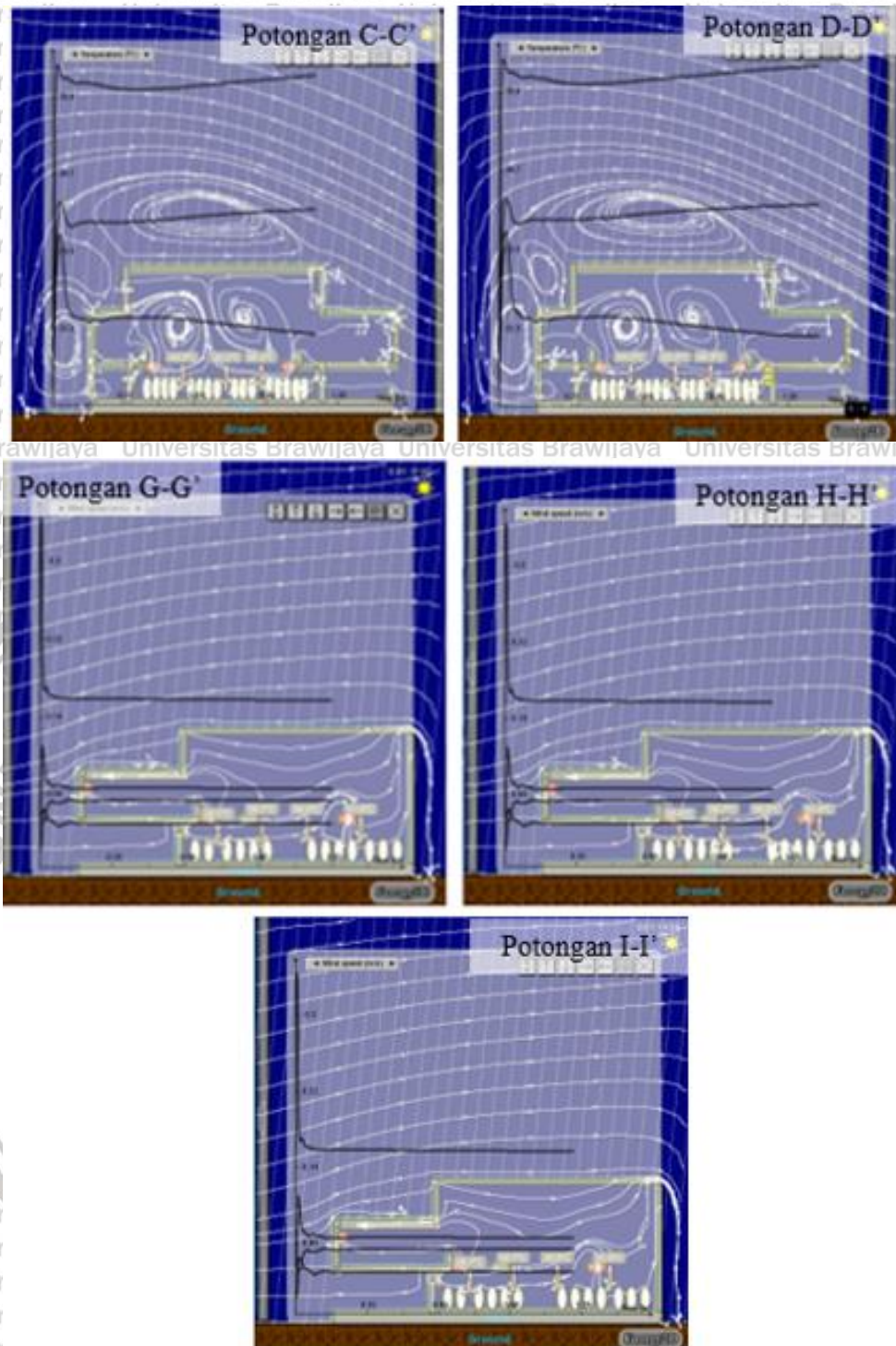


Titik pengamatan	Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan C-C'	10	25.7
	3	26.4
	7	26.1
	11	25.9
Potongan D-D'	4	26.2
	8	26.1
	12	25.8
	1	25.4
Potongan G-G'	2	28.1
	3	27.5
	4	26
	5	25.3
Potongan H-H'	6	28
	7	27.5
	8	26.1
	9	25.7
Potongan I-I'	10	28.2
	11	27.6
	12	26

7. Skenario 7 ( $v_{ac} = 0.1$  m/s,  $T_{ac}=22^{\circ}\text{C}$ ,  $n= 16$  orang)

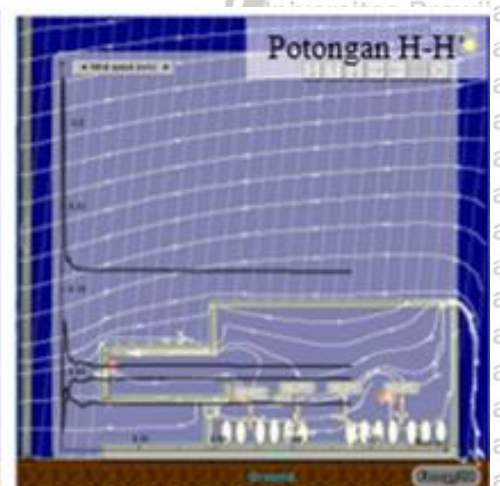
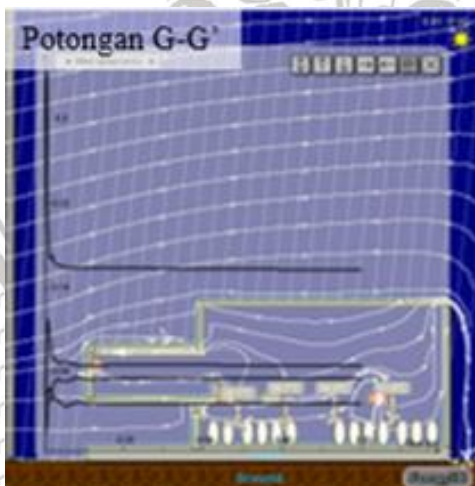
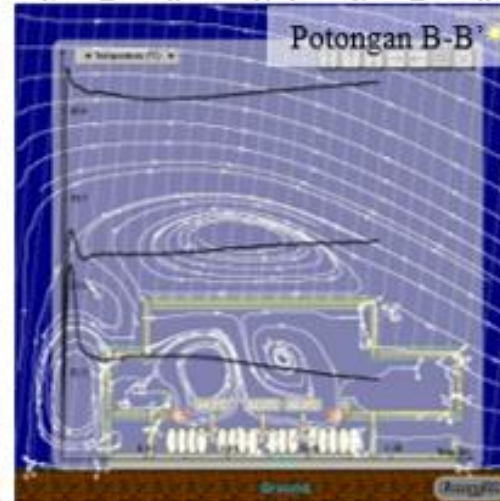
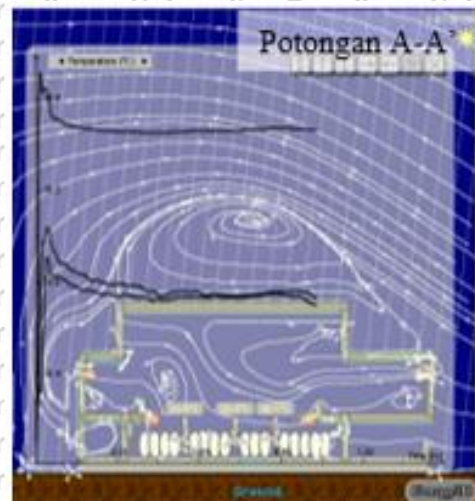




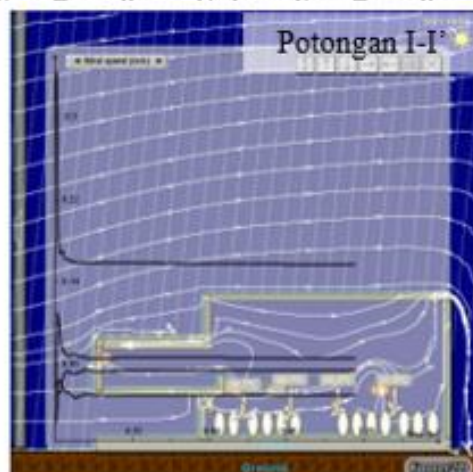


Gambar 4.18 Grafik temperatur skenario 7 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'









Gambar 4.19 Grafik kecepatan aliran udara skenario 7 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'

Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 3 dengan temperatur ruang rata rata 36,5 °C dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 2 dan 12 dengan kecepatan aliran udara rata rata sebesar 0.1 m/s

Tabel 4.15 Hasil simulasi pukul 11.30 Skenario 7

Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	27.1	0.03
	5	27.2	0.04
	9	27.3	0.01
Potongan B-B'	2	27.2	0.02
	6	27.7	0.03
	10	26.6	0.02
Potongan C-C'	3	27.2	0.03
	7	27.7	0.03
	11	26.6	0.02
Potongan D-D'	4	27.2	0.02
	8	27.5	0.03
	12	26.7	0.03
Potongan G-G'	1	29.8	0.01
	2	27.8	0.02

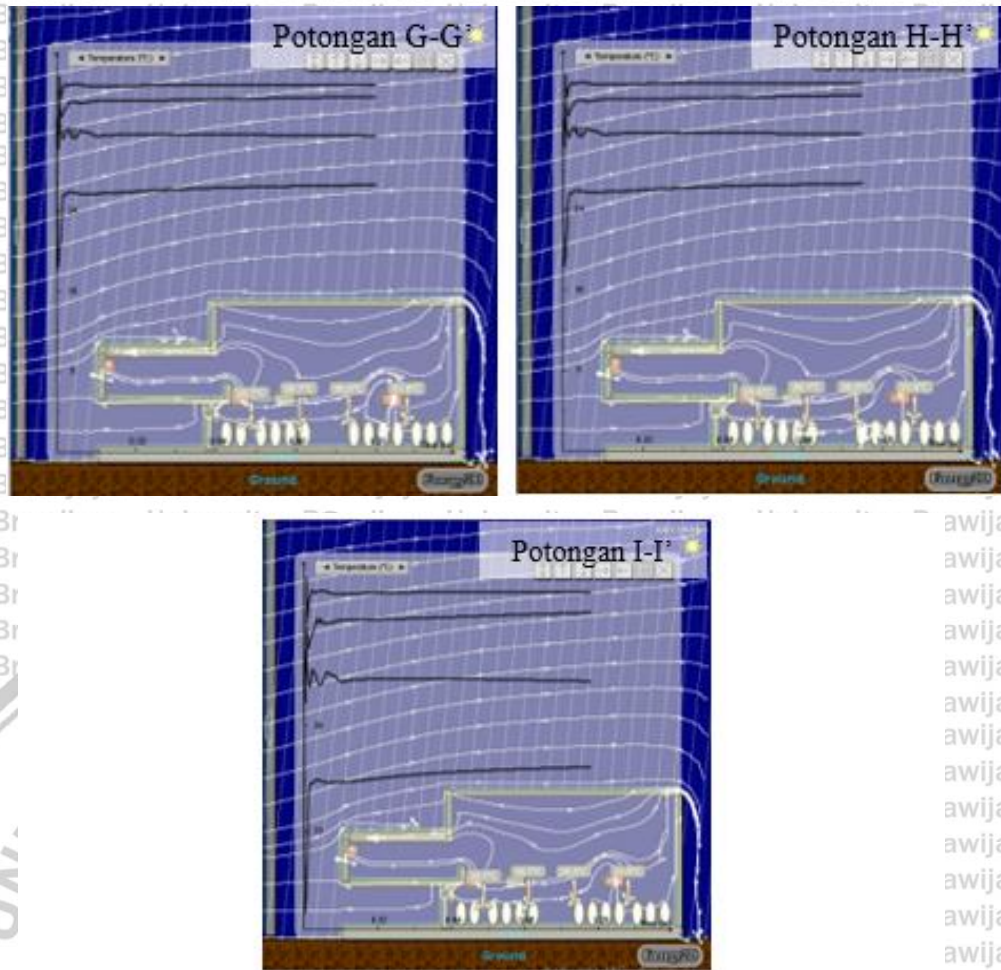


Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan H-H'	3	27.6	0.01
	4	26.4	0.01
	5	26.8	0.01
	6	26.3	0.02
	7	26.6	0.01
	8	27.2	0.01
	9	29.9	0.02
Potongan I-I'	10	27.9	0.02
	11	27.6	0.01
	12	26.4	0.01

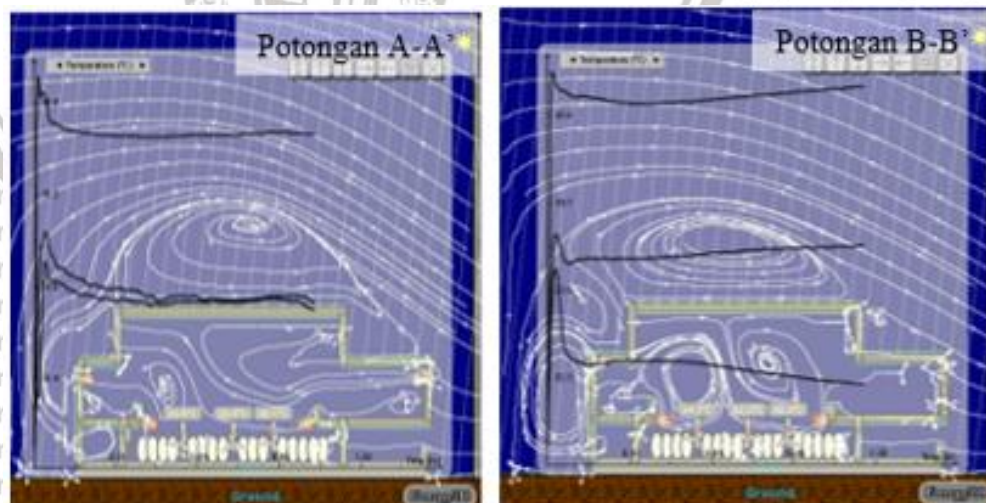
8. Skenario 8 ( $v_{ac} = 0.4$  m/s,  $T_{ac} = 22^\circ\text{C}$ ,  $n = 16$  orang)



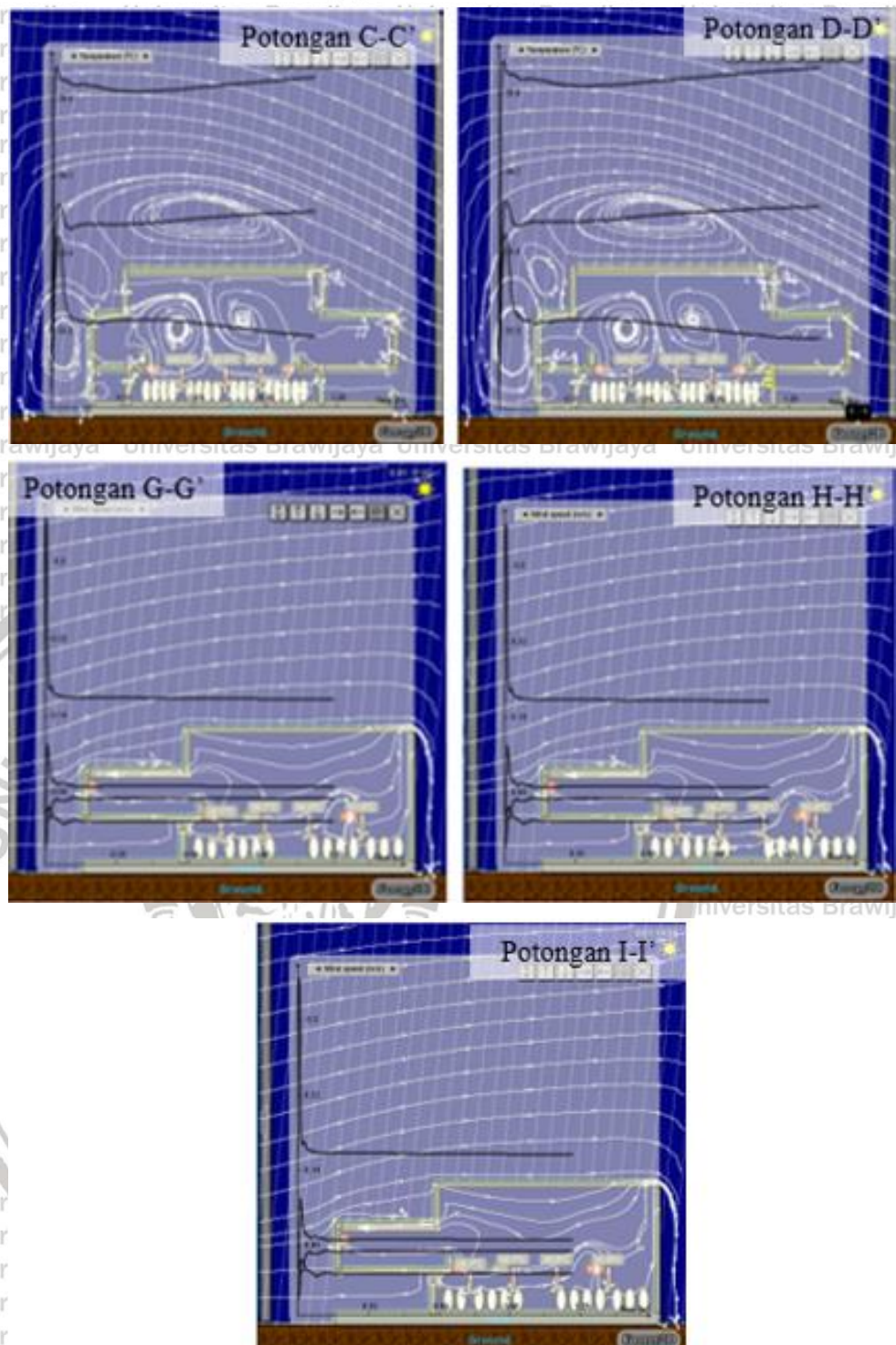




Gambar 4.20 Grafik temperatur skenario 8 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'







Gambar 4.21 Grafik kecepatan aliran udara skenario 8 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'

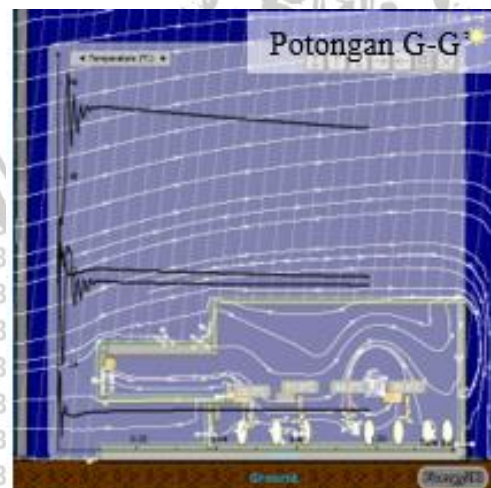
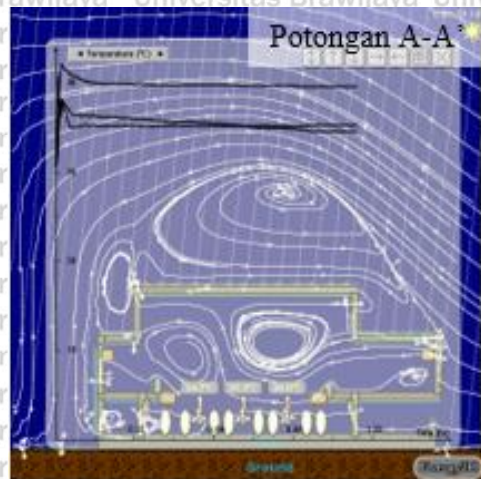
Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 3 dengan temperatur ruang rata rata  $36.5^{\circ}\text{C}$  dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 2 dan 12 dengan kecepatan aliran udara rata rata sebesar  $0.1\text{ m/s}$

Tabel 4.16 Hasil simulasi pukul 11.30 Skenario 8

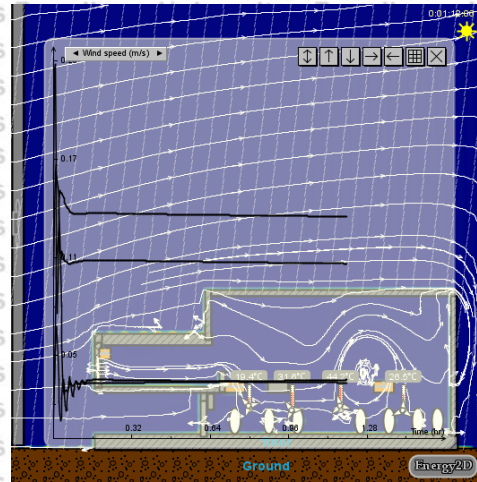
Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	25.5	0.3
	5	26.4	0.06
	9	26	0.2
Potongan B-B'	2	27.4	0.12
	6	26.9	0.25
	10	27.1	0.37
Potongan C-C'	3	25.9	0.12
	7	27.1	0.25
	11	25.8	0.38
Potongan D-D'	4	24.5	0.12
	8	26.9	0.26
	12	25.1	0.38
Potongan G-G'	1	26	0.08
	2	28.5	0.07
	3	27.2	0.03
	4	25.7	0.18
Potongan H-H'	5	26.5	0.09
	6	27.8	0.08
	7	27.3	0.03
	8	25.7	0.18
Potongan I-I'	9	26.4	0.08
	10	28	0.07
	11	27.7	0.02
	12	25.5	0.18



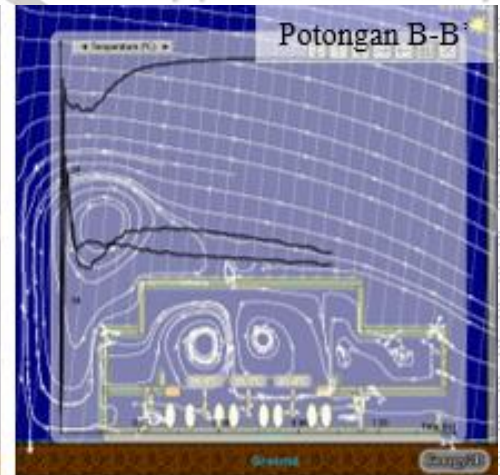
9. Skenario 9 ( $v_{\text{kipas}} = 0.1 \text{ m/s}$ ,  $n = 8 \text{ orang}$ ),  $v_{\text{angin lingkungan}} = 1.31 \text{ m/s}$



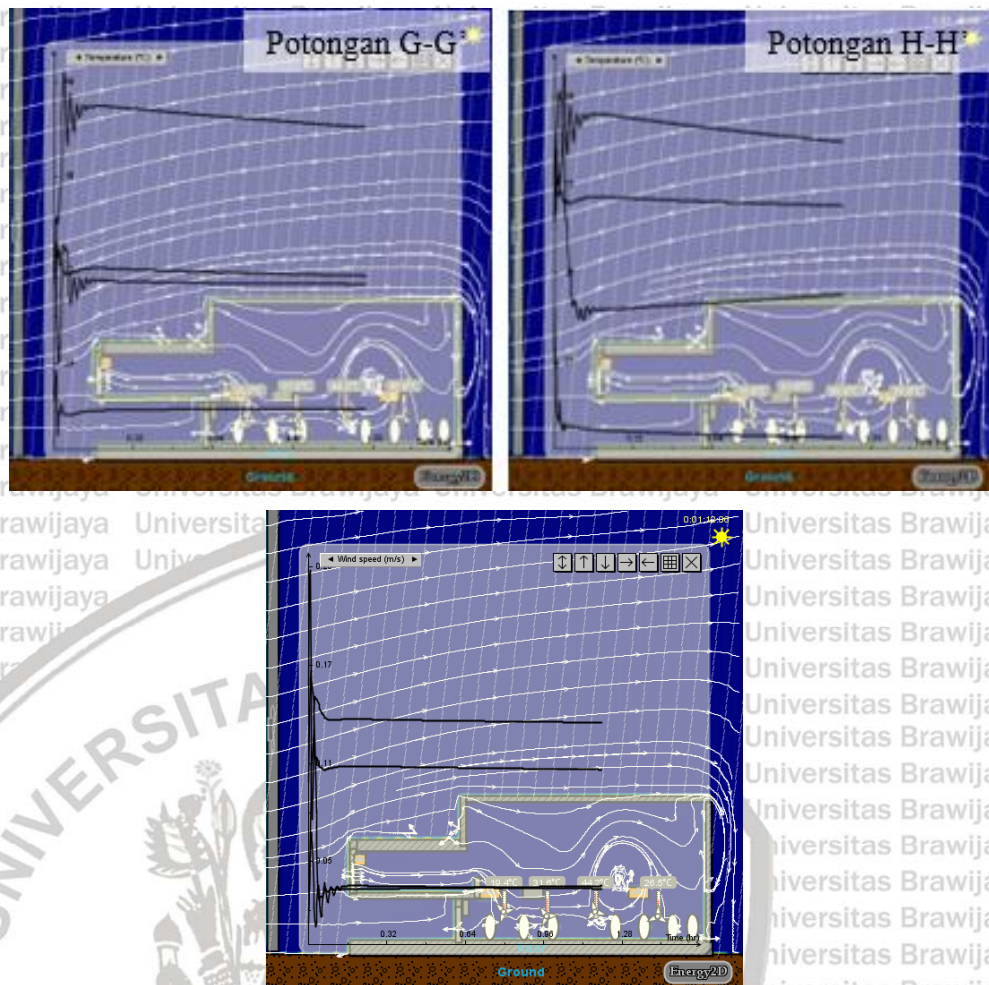




Gambar 4.22 Grafik temperatur skenario 9 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'







Gambar 4.23 Grafik kecepatan aliran udara skenario 9 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'

Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 3 dengan temperatur ruang rata rata 35.5 °C dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 4 dengan kecepatan aliran udara rata rata sebesar 0.13 m/s

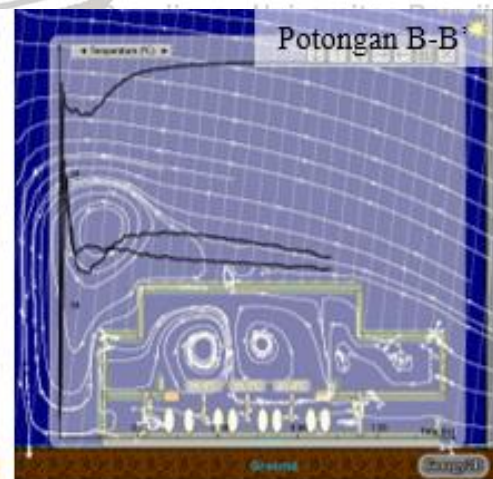
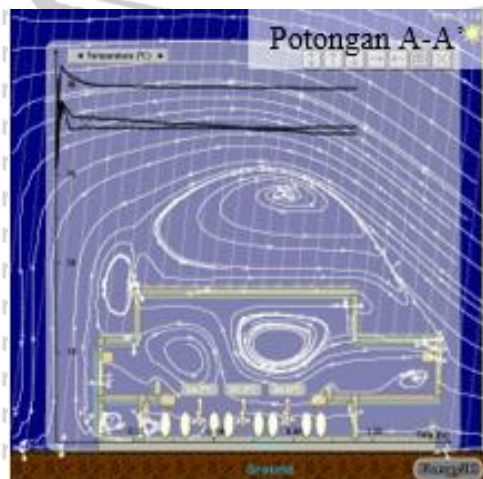
Tabel 4.17 Hasil simulasi pukul 11.30 Skenario 9

Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	27.8	0.05
	5	28.1	0.04
	9	28.2	0.03
Potongan B-B'	2	27.3	0.7
	6	25.1	0.5

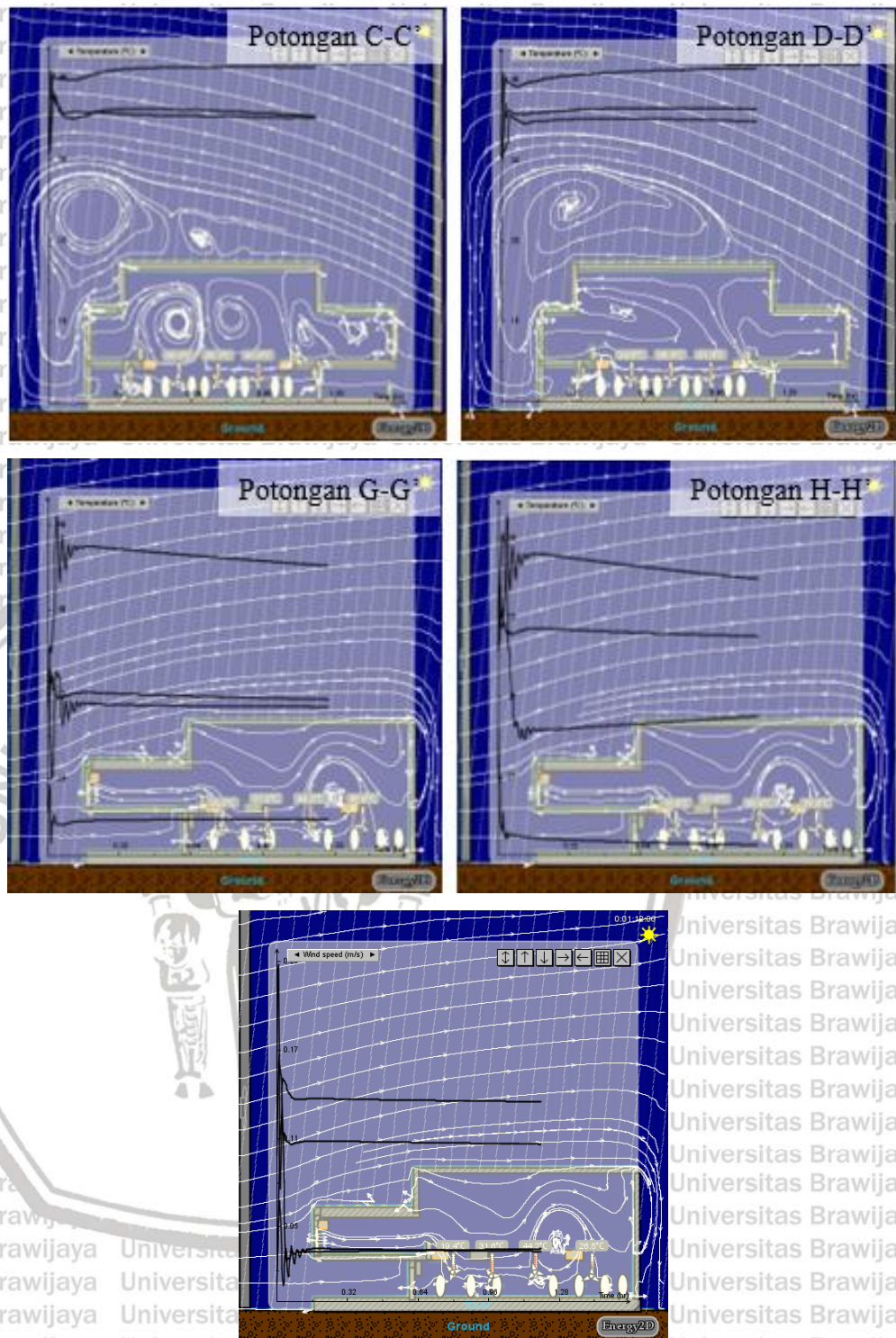


Titik pengamatan	Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan C-C'	10 26.6	0.5
	3 26.7	0.1
	7 26.9	0.1
	11 27.2	0.05
Potongan D-D'	4 27.1	0.03
	8 29.4	0.17
	12 28.6	0.36
Potongan G-G'	1 28.8	0.07
	2 27.6	0.18
	3 27	0.22
	4 22.8	0.34
Potongan H-H'	5 27.2	0.4
	6 25.3	0.27
	7 24	0.26
	8 24.1	0.14
Potongan I-I'	9 28.8	0.07
	10 27.6	0.15
	11 27	0.21
	12 22.8	0.24

10. Skenario 10 ( $v_{\text{kipas}} = 0.4 \text{ m/s}$ ,  $n = 8 \text{ orang}$ ),  $v_{\text{angin lingkungan}} = 1.31 \text{ m/s}$

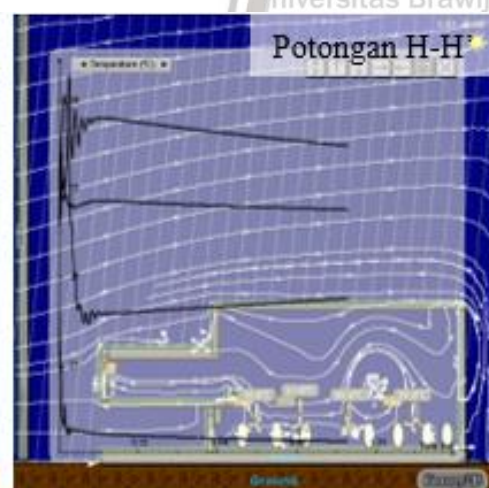
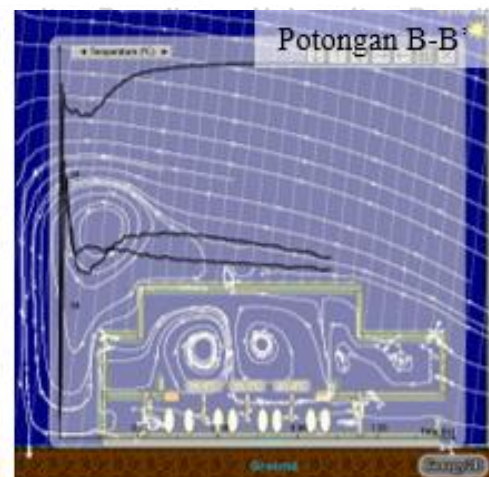
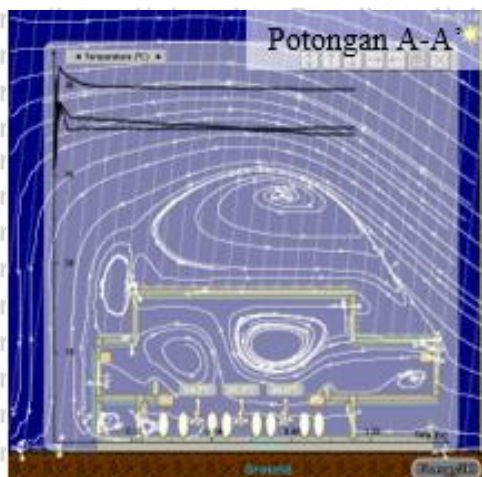






Gambar 4.24 Grafik temperatur skenario 10 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'









Gambar 4.25 Grafik kecepatan aliran udara skenario 10 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'

Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 2 dengan temperatur ruang rata rata 39.2 °C dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 4 dengan kecepatan aliran udara rata rata sebesar 0.29 m/s

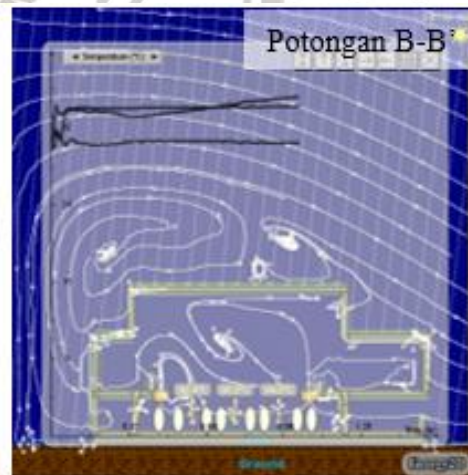
Tabel 4.18 Hasil simulasi pukul 11.30 Skenario 10

Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	26.8	0.04
	5	28	0.05
	9	28.2	0.03
Potongan B-B'	2	26	0.21
	6	26.8	0.1
	10	25.3	0.05
Potongan C-C'	3	26.2	0.21
	7	26.7	0.1
	11	25.1	0.05
Potongan D-D'	4	26.1	0.21
	8	26.8	0.1
	12	25.2	0.05
Potongan G-G'	1	23.8	0.07



Titik pengamatan	Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
2	25.5	0.14
3	26.5	0.04
4	24.6	0.12
5	24.8	0.05
6	24.3	0.13
Potongan H-H'	7	26
	8	0.11
	9	0.07
	10	0.18
Potongan I-I'	11	0.22
	12	0.24

11. Skenario 11 ( $V_{kipas} = 1 \text{ m/s}$ ,  $n = 8 \text{ orang}$ ),  $V_{angin \text{ lingkungan}} = 1.31 \text{ m/s}$

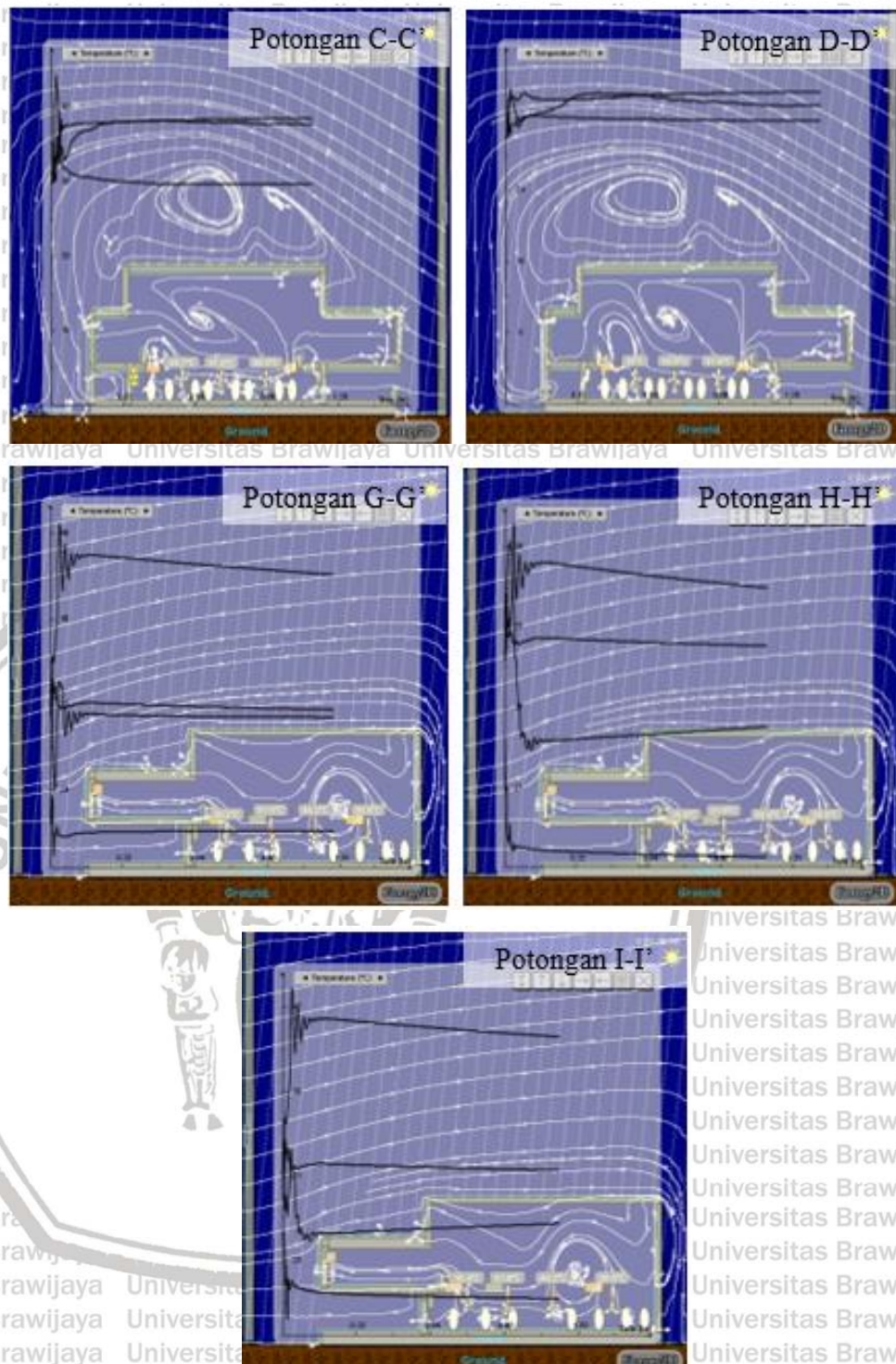






Gambar 4.26 Grafik temperatur skenario 11 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'





Gambar 4.27 Grafik kecepatan aliran udara skenario 11 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'

Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 3 dengan temperatur ruang rata rata  $36.5^{\circ}\text{C}$  dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 2 dan 12 dengan kecepatan aliran udara rata rata sebesar  $0.1\text{ m/s}$

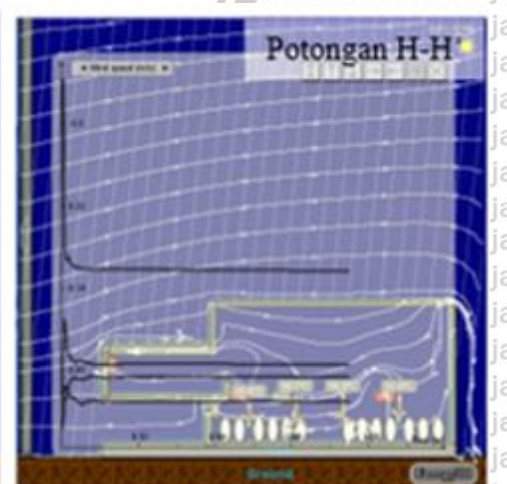
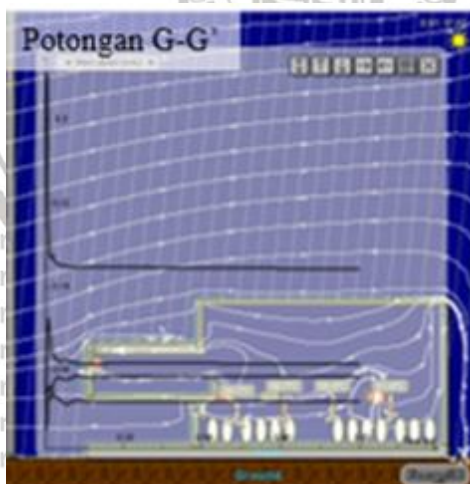
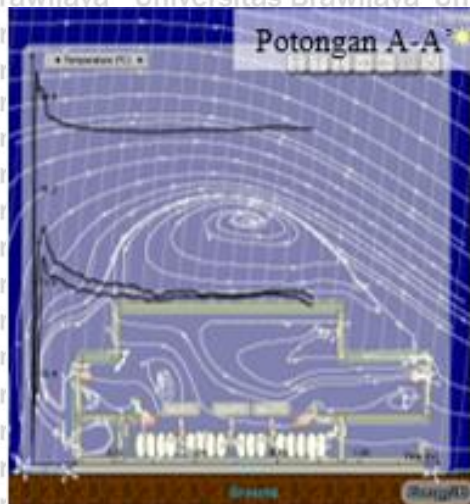


Tabel 4.19 Hasil simulasi pukul 11.30 Skenario 11

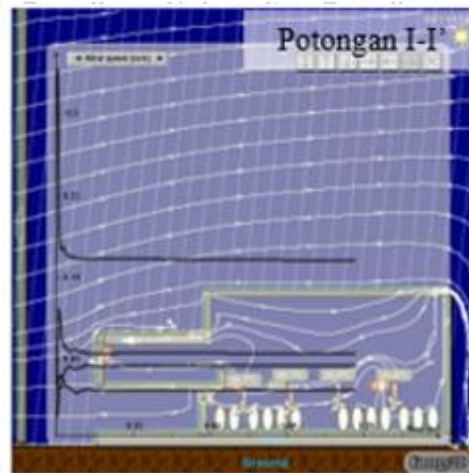
Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	26.7	0.05
	5	28	0.05
	9	28.2	0.03
Potongan B-B'	2	27.5	0.07
	6	28.1	0.04
	10	27.6	0.17
Potongan C-C'	3	27.5	0.07
	7	28.1	0.04
	11	27.6	0.17
Potongan D-D'	4	26.9	0.06
	8	27.8	0.04
	12	27.1	0.16
Potongan G-G'	1	25.8	0.03
	2	26.5	0.04
	3	27.4	0.04
	4	25.8	0.13
Potongan H-H'	5	25.5	0.04
	6	26.2	0.04
	7	26.8	0.05
	8	25.4	0.13
Potongan I-I'	9	27.6	0.07
	10	27	0.1
	11	27.5	0.21
	12	26.8	0.23



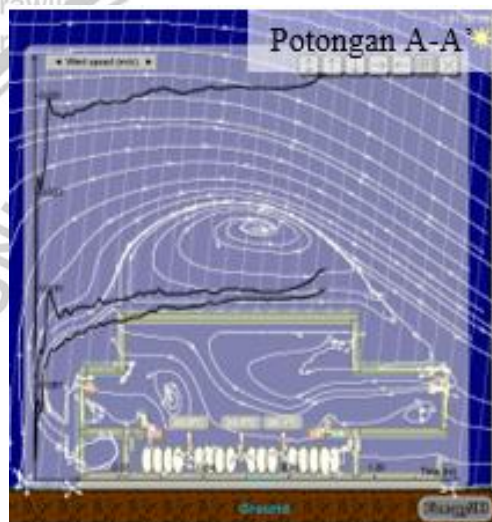
12. Skenario 12 ( $v_{\text{kipas}} = 0.1 \text{ m/s}$ ,  $n = 16 \text{ orang}$ ),  $v_{\text{angin lingkungan}} = 1.31 \text{ m/s}$



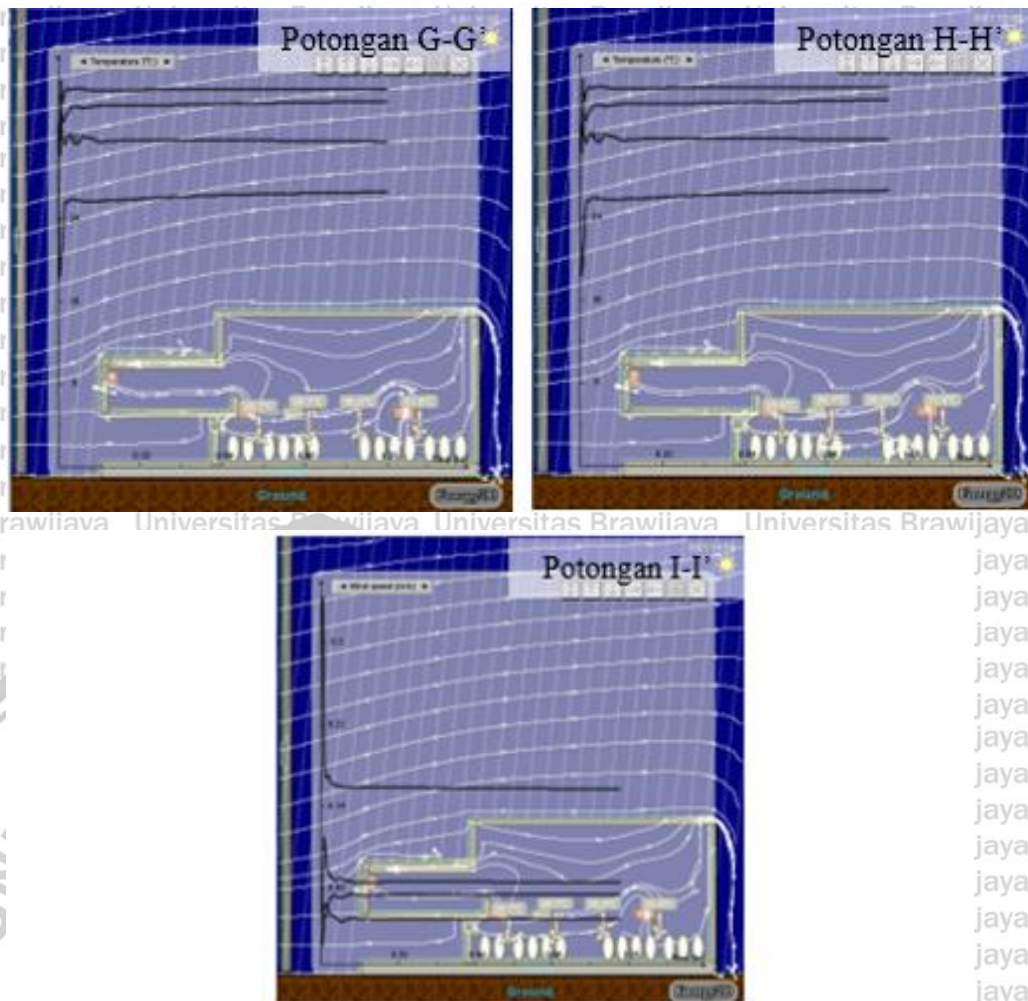




Gambar 4.28 Grafik temperatur skenario 12 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'







Gambar 4.29 Grafik kecepatan aliran udara skenario 12 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'

Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 3 dengan temperatur ruang rata rata 36.5 °C dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 2 dan 12 dengan kecepatan aliran udara rata rata sebesar 0.1 m/s

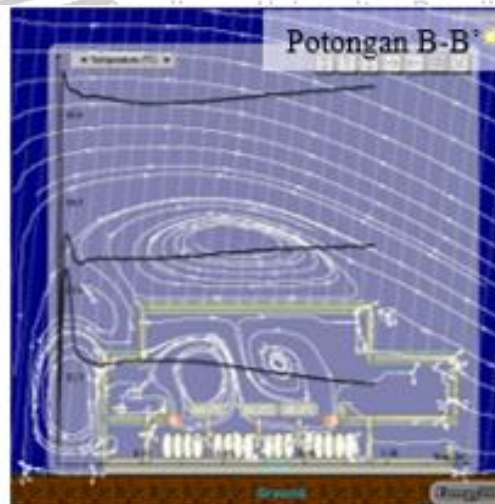
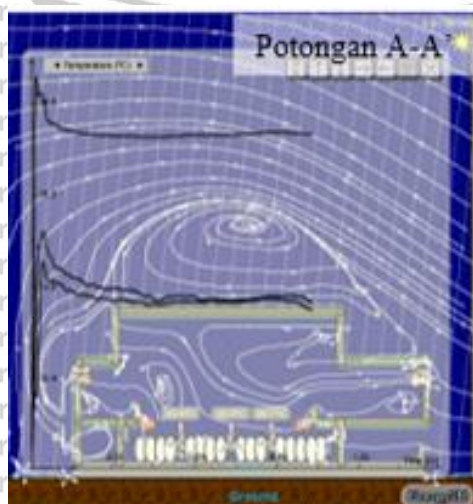
Tabel 4.20 Hasil simulasi pukul 11.30 Skenario 12

Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	26	0.06
	5	27.1	0.09
	9	27.8	0.03
Potongan B-B'	2	27.5	0.07
	6	28.1	0.04

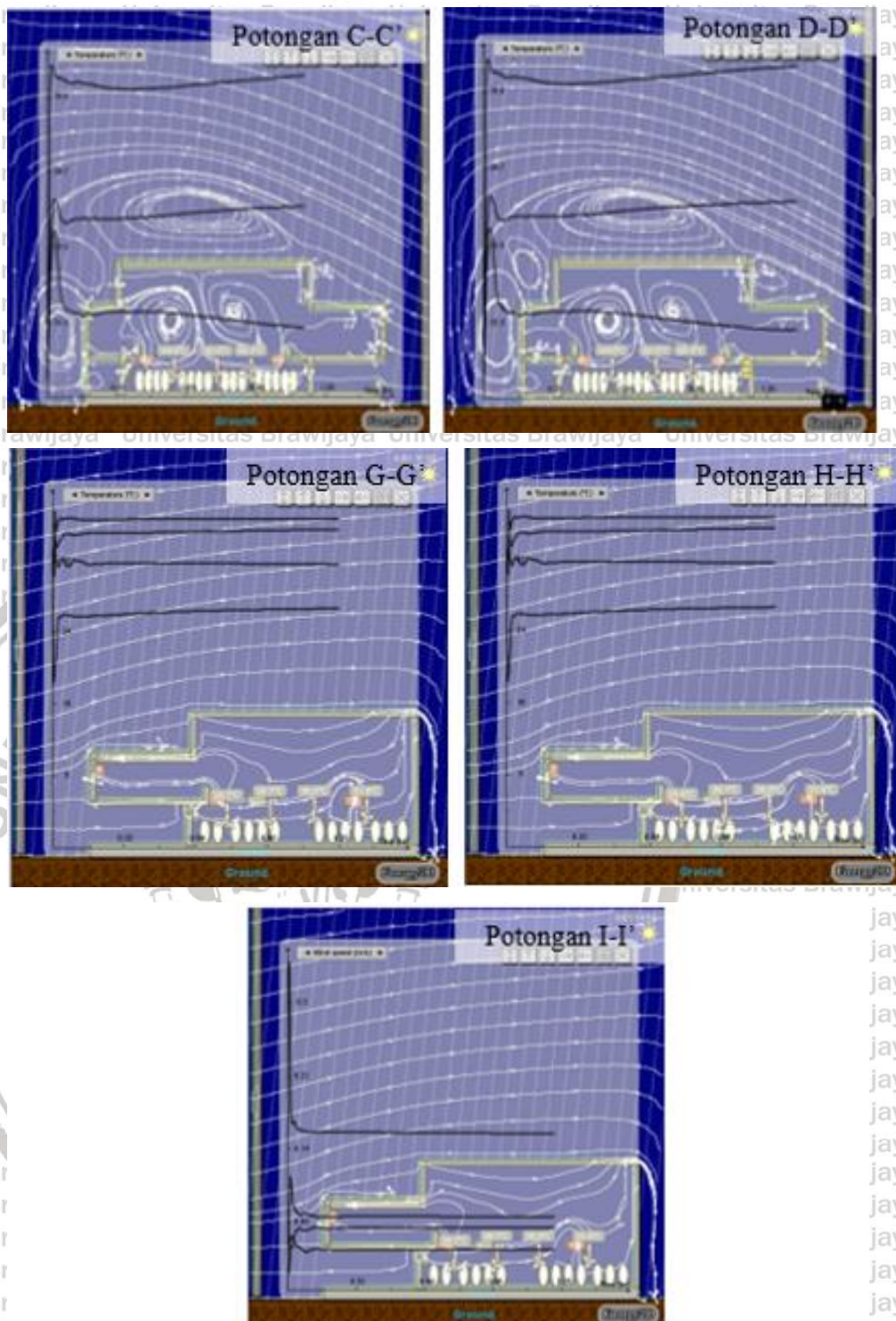


Titik pengamatan	Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan C-C'	10	27.6
	3	27.5
	7	28.1
	11	27.6
Potongan D-D'	4	26.9
	8	27.8
	12	27.1
	1	25.8
Potongan G-G'	2	26.5
	3	27.4
	4	25.8
	5	25.5
Potongan H-H'	6	26.2
	7	26.8
	8	25.4
	9	27.6
Potongan I-I'	10	27.3
	11	27.5
	12	26.5

13. Skenario 13 ( $v_{\text{kipas}} = 0.4 \text{ m/s}$ ,  $n = 16 \text{ orang}$ ),  $v_{\text{angin lingkungan}} = 1.31 \text{ m/s}$

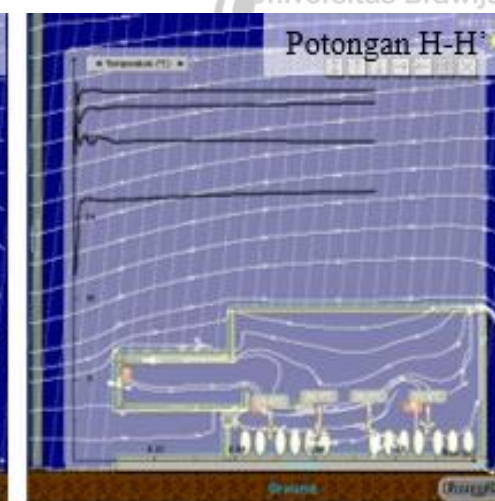
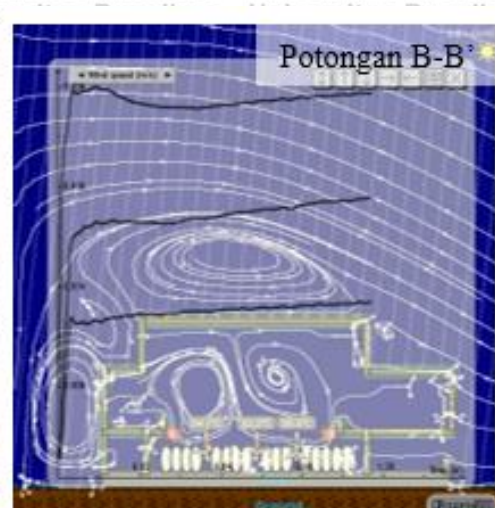
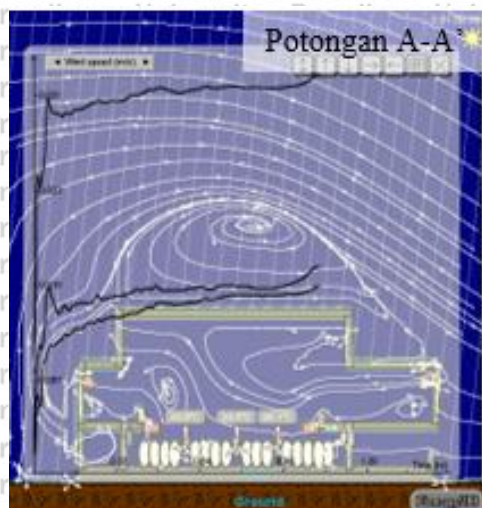




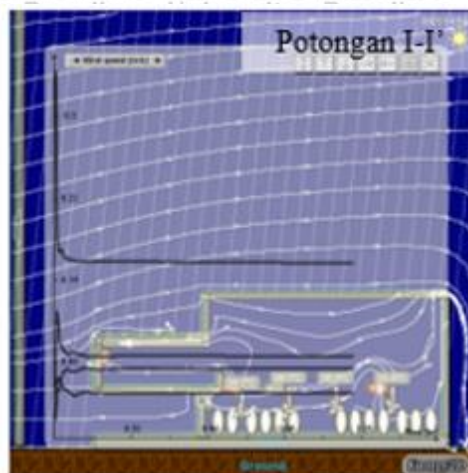


Gambar 4.30 Grafik temperatur skenario 13 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'









Gambar 4.31 Grafik kecepatan aliran udara skenario 13 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'

Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 3 dengan temperatur ruang rata rata 36.5 °C dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 2 dan 12 dengan kecepatan aliran udara rata rata sebesar 0.1 m/s

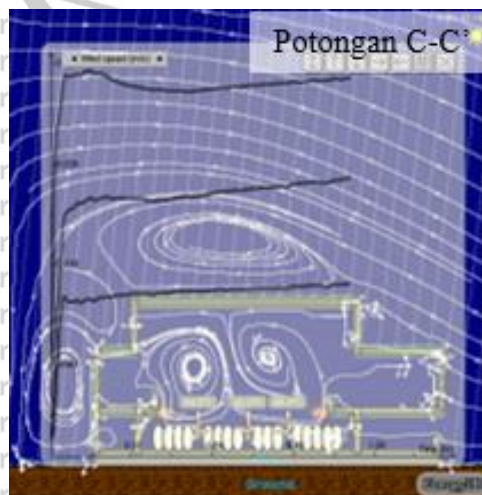
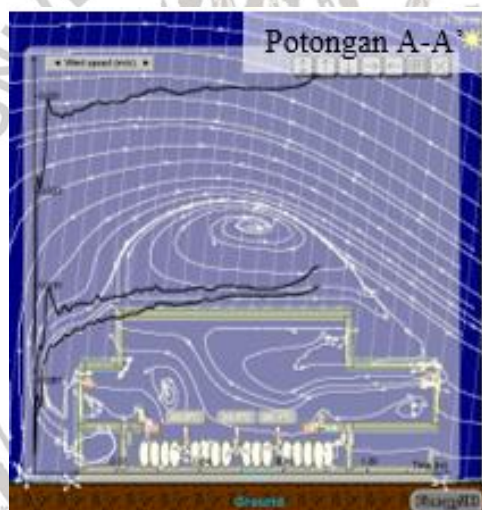
Tabel 4.21 Hasil simulasi pukul 11.30 Skenario 13

Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	26.5	0.05
	5	27.3	0.08
	9	28.5	0.03
Potongan B-B'	2	27.5	0.07
	6	28.1	0.04
	10	27.6	0.17
Potongan C-C'	3	27.5	0.07
	7	28.1	0.04
	11	27.6	0.17
Potongan D-D'	4	26.9	0.06
	8	27.8	0.04
	12	27.1	0.16
Potongan G-G'	1	25.8	0.03
	2	26.5	0.04

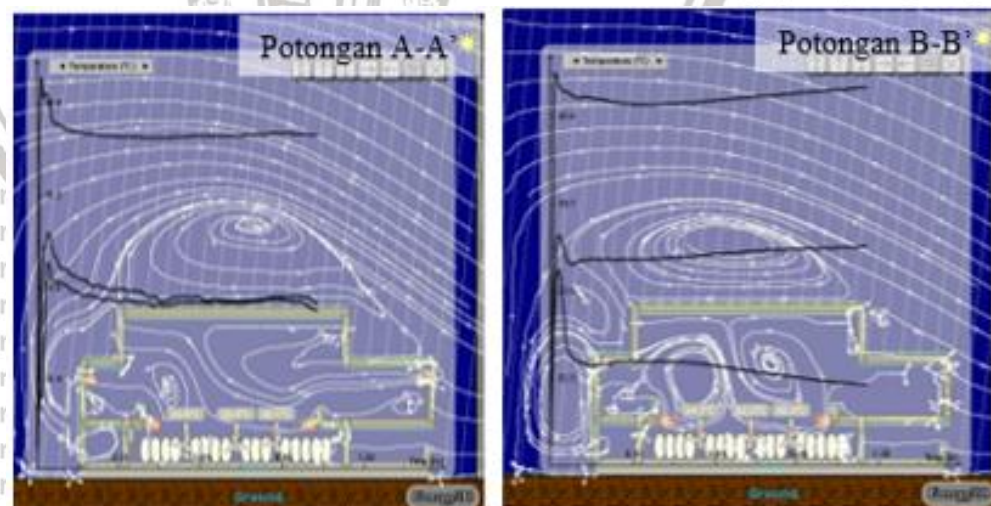


Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan H-H'	3	27.4	0.04
	4	25.8	0.13
	5	25.5	0.04
	6	26.2	0.04
	7	26.8	0.05
	8	25.4	0.13
	Potongan I-I'	9	26.6
10		25.3	0.05
11		25.5	0.2
12		25.1	0.23

14. Skenario 14 ( $V_{kipas} = 1 \text{ m/s}$ ,  $n = 16$  orang),  $V_{angin \text{ lingkungan}} = 1.31 \text{ m/s}$

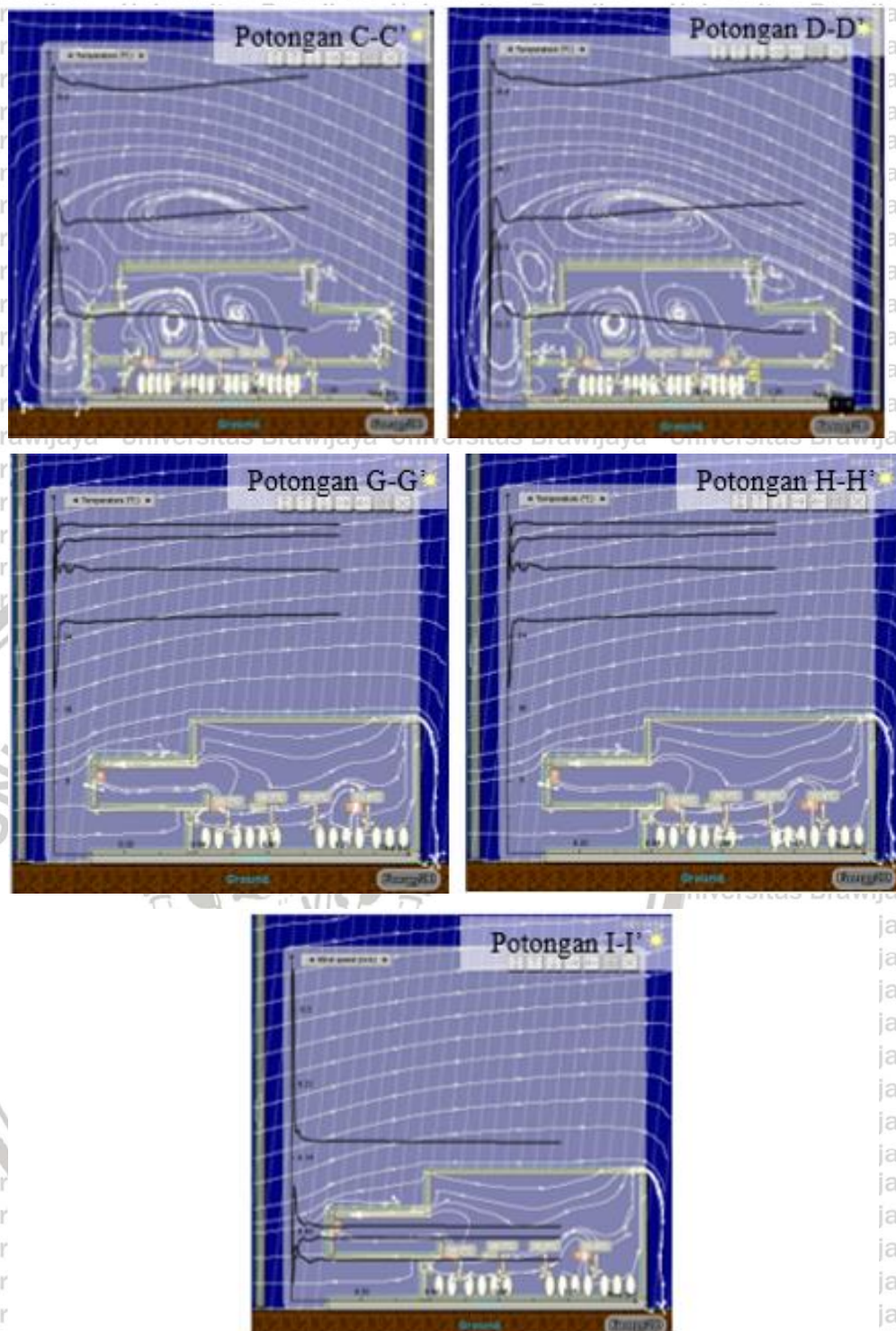






106





Gambar 4.33 Grafik kecepatan aliran udara skenario 14 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'

Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 3 dengan temperatur ruang rata rata 36.5 °C dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 2 dan 12 dengan kecepatan aliran udara rata rata sebesar 0.1 m/s



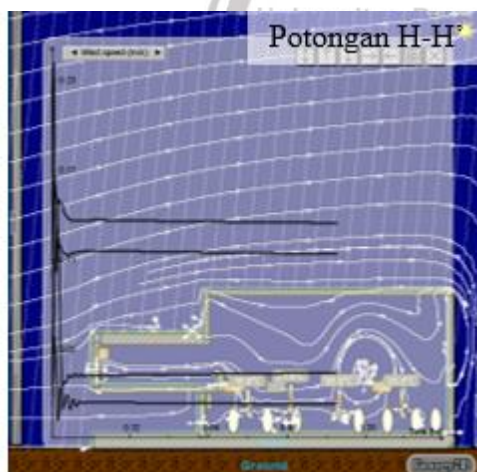
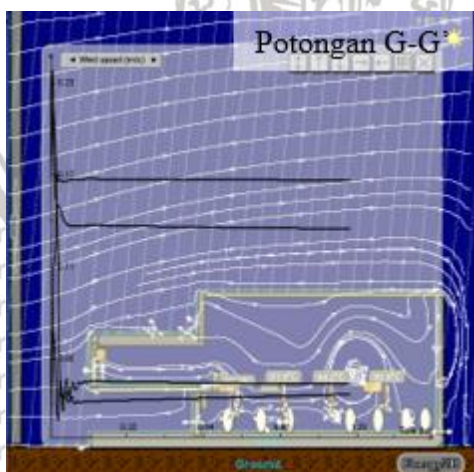
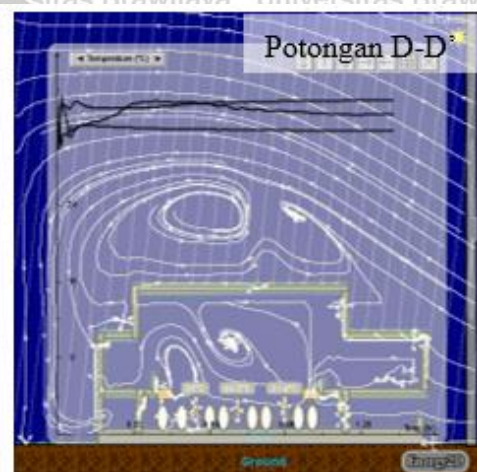
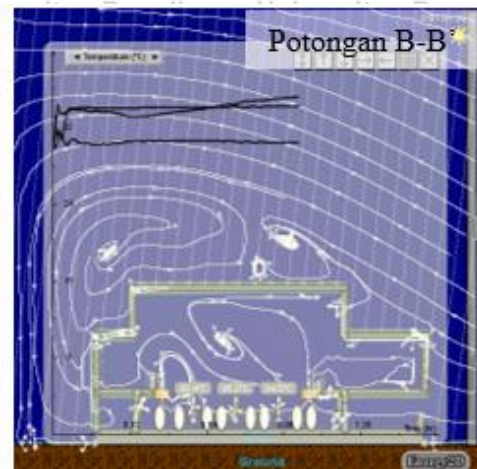
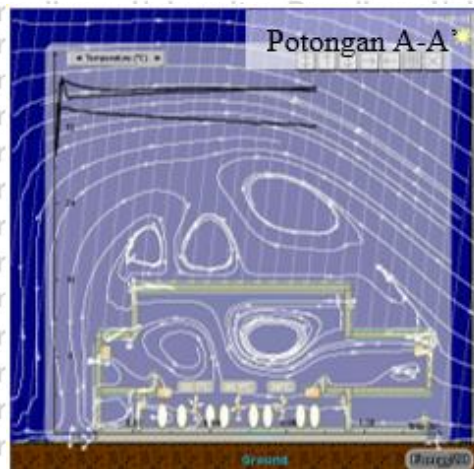
Tabel 4.22 Hasil simulasi pukul 11.30 Skenario 14

Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	27.1	0.05
	5	27.6	0.07
	9	28	0.04
Potongan B-B'	2	27.5	0.07
	6	28.1	0.04
	10	27.6	0.17
Potongan C-C'	3	27.5	0.07
	7	28.1	0.04
	11	27.6	0.17
Potongan D-D'	4	26.9	0.06
	8	27.8	0.04
	12	27.1	0.16
Potongan G-G'	1	25.8	0.03
	2	26.5	0.04
	3	27.4	0.04
	4	25.8	0.13
Potongan H-H'	5	25.5	0.04
	6	26.2	0.04
	7	26.8	0.05
	8	25.4	0.13
Potongan I-I'	9	26.6	0.06
	10	25.3	0.1
	11	25.1	0.23
	12	24.5	0.25

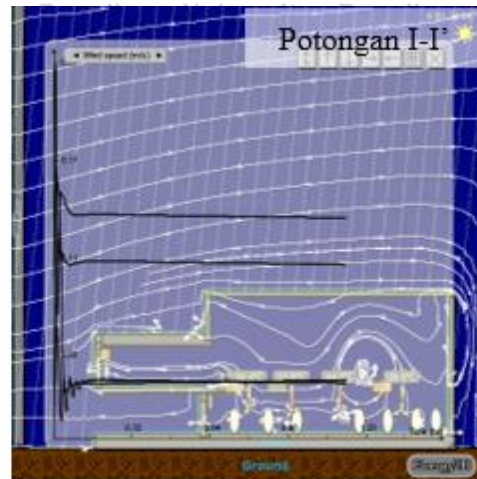


#### 4.7.2 Simulasi pada pukul 14.45 WIB

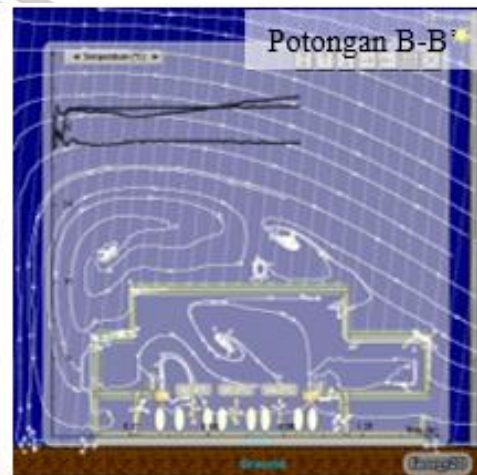
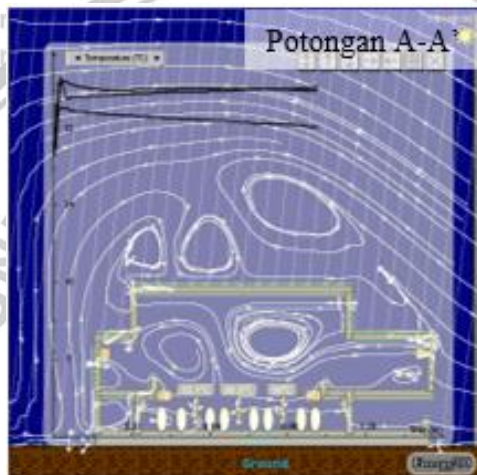
##### 1. Skenario 1 ( $v_{ac} = 0.1 \text{ m/s}$ , $T_{ac} = 22^\circ\text{C}$ , $n = 8 \text{ orang}$ )



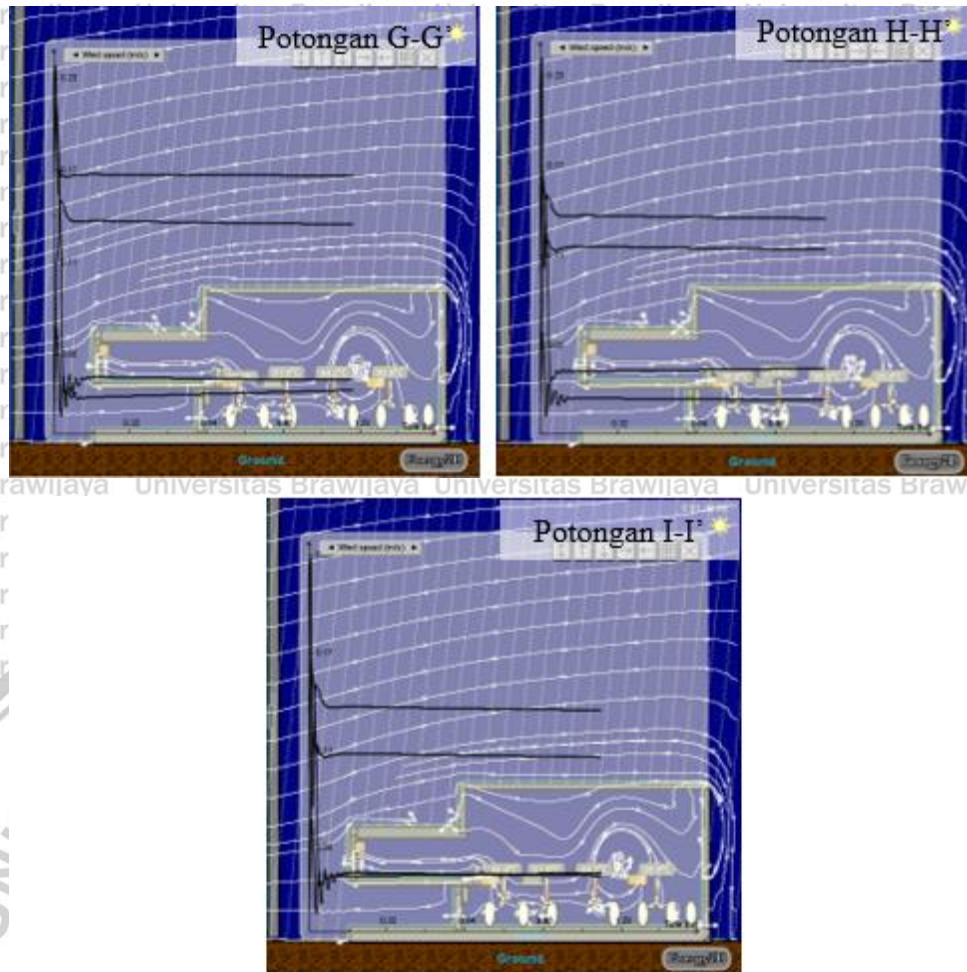




Gambar 4.34 Grafik temperatur skenario 1 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'







Gambar 4.35 Grafik kecepatan aliran udara skenario 1 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'

Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 3 dengan temperatur ruang rata rata 35.5 °C dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 4 dengan kecepatan aliran udara rata rata sebesar 0.13 m/s

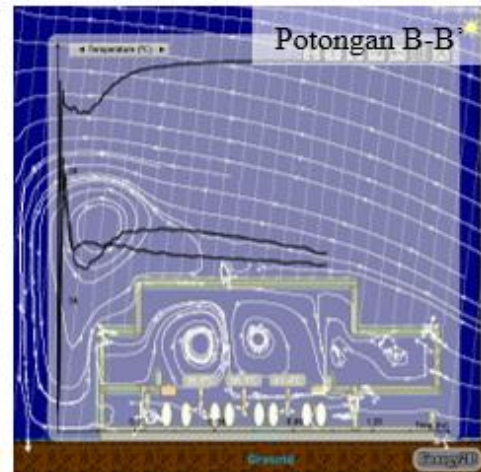
Tabel 4.23 Hasil simulasi pukul 14.45 Skenario 1

Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	27.5	0.05
	5	28.1	0.02
	9	26.8	0.01
Potongan B-B'	2	27.4	0.06
	6	26.9	0.01

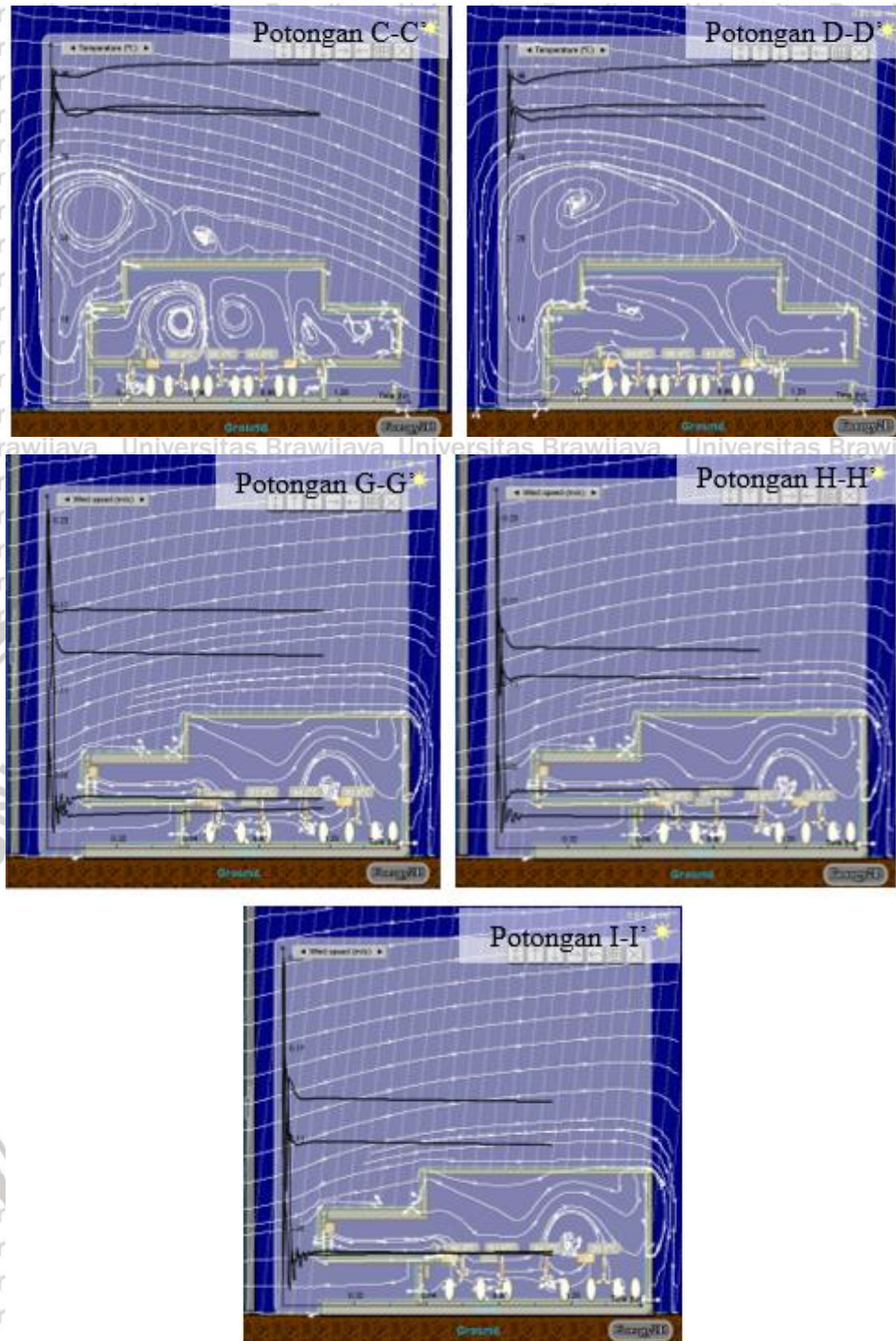


Titik pengamatan	Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan C-C'	10	26.7
	3	27.3
	7	26.8
	11	26.9
Potongan D-D'	4	27.3
	8	26.7
	12	27.1
Potongan G-G'	1	26.8
	2	25.5
	3	28.6
	4	30.3
Potongan H-H'	5	26.9
	6	25.5
	7	28.4
	8	30.2
Potongan I-I'	9	27
	10	26.3
	11	28
	12	30.1

2. Skenario 2 ( $v_{ac} = 0.4 \text{ m/s}$ ,  $T_{ac} = 22^\circ\text{C}$ ,  $n = 8 \text{ orang}$ )

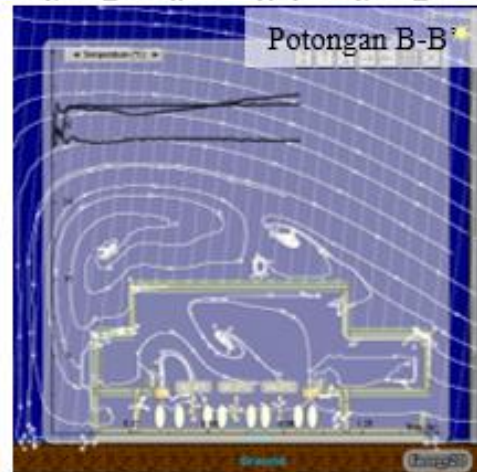




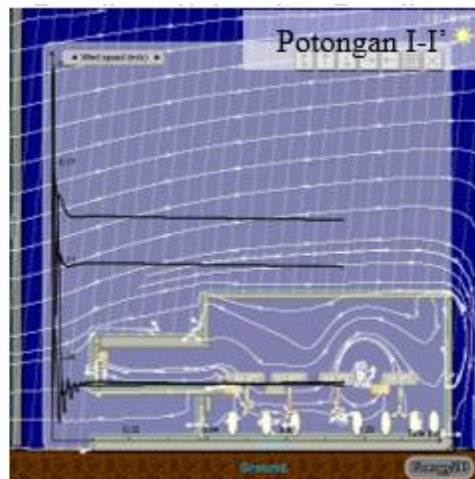


Gambar 4.36 Grafik temperatur skenario 2 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'









Gambar 4.37 Grafik kecepatan aliran udara skenario 2 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'

Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 2 dengan temperatur ruang rata rata 39.2 °C dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 4 dengan kecepatan aliran udara rata rata sebesar 0.29 m/s

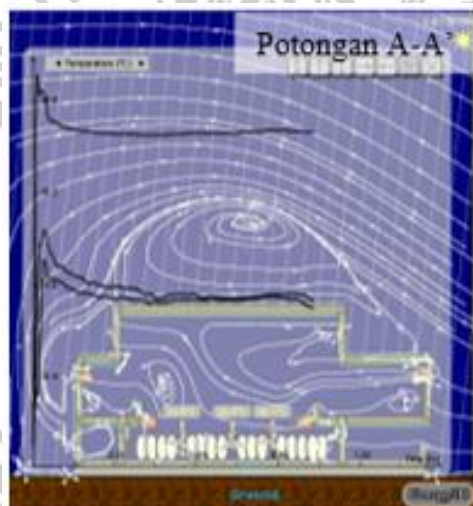
Tabel 4.24 Hasil simulasi pukul 14.45 Skenario 2

Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	25.7	0.23
	5	20.7	0.32
	9	26	0.3
Potongan B-B'	2	26	0.21
	6	26.8	0.1
	10	25.3	0.05
Potongan C-C'	3	26.2	0.21
	7	26.7	0.1
	11	25.1	0.05
Potongan D-D'	4	26.1	0.21
	8	26.8	0.1
	12	25.2	0.05
Potongan G-G'	1	23.8	0.07
	2	25.5	0.14

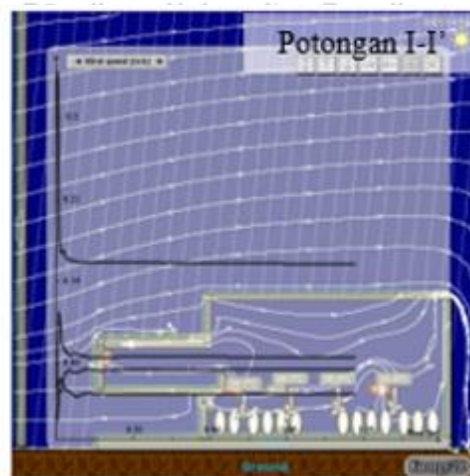
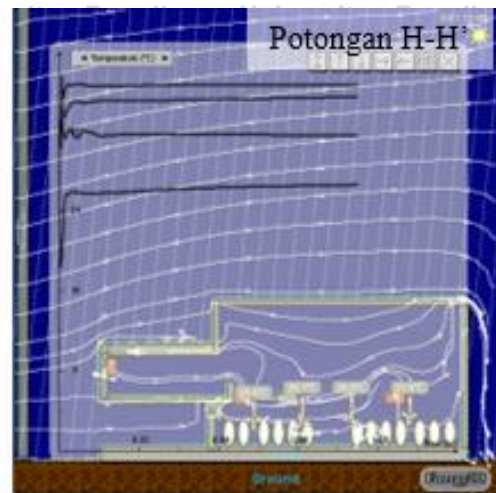


Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan H-H'	3	26.5	0.04
	4	24.6	0.12
	5	24.8	0.05
	6	24.3	0.13
	7	26	0.04
	8	25.2	0.11
	Potongan I-I'	9	24.1
10		25.1	0.14
11		26.4	0.04
12		24.8	0.12

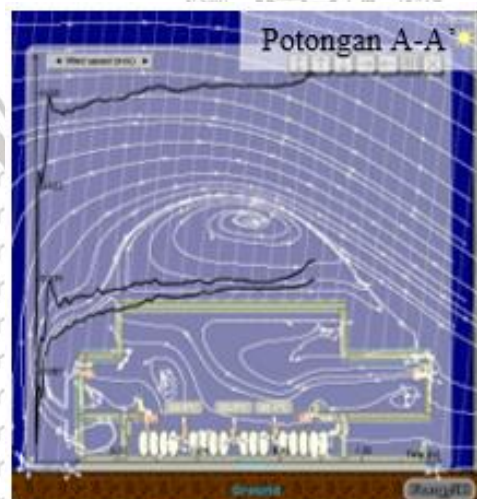
3. Skenario 3 ( $v_{ac} = 0.1$  m/s,  $T_{ac} = 26^\circ\text{C}$ ,  $n = 16$  orang)



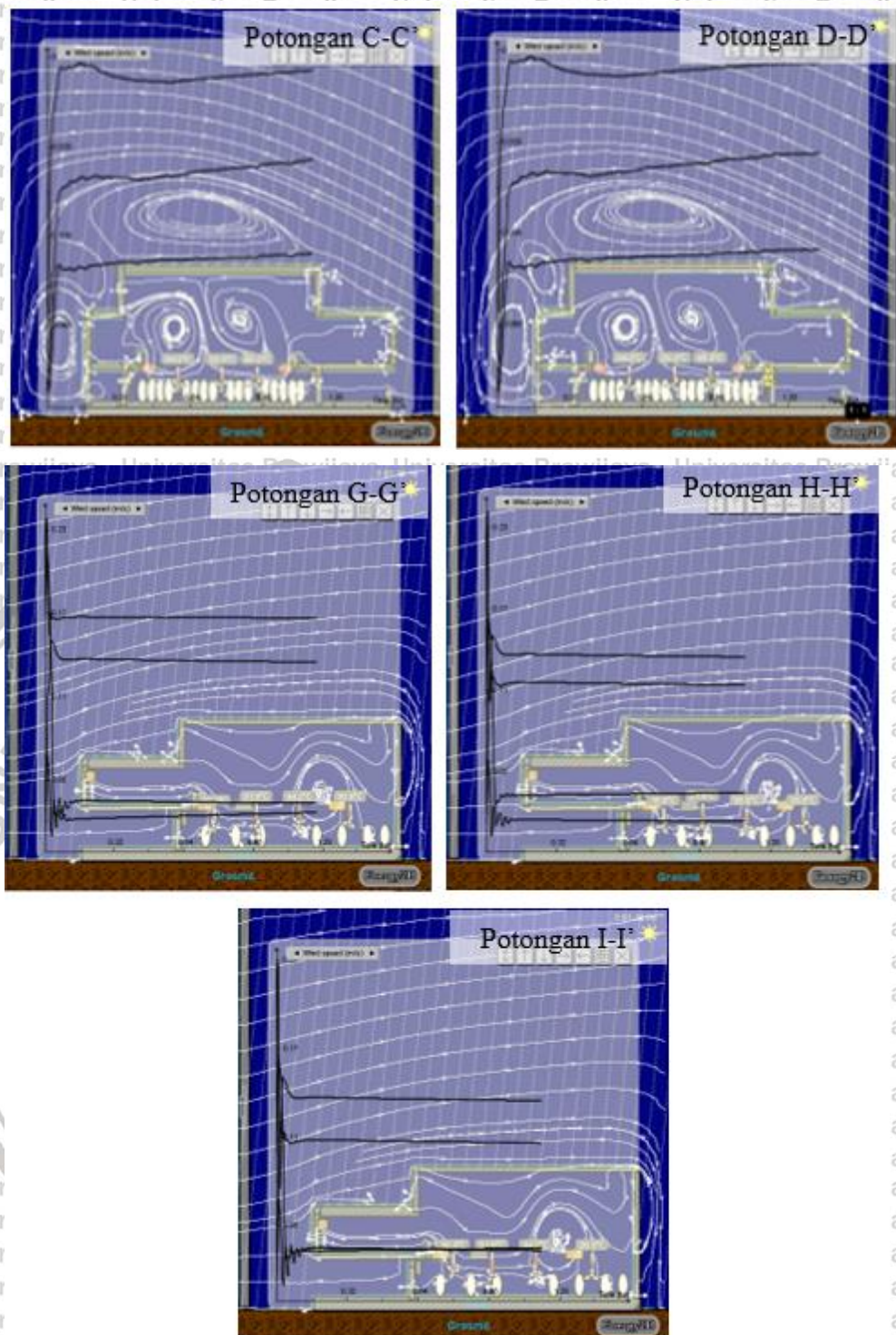




Gambar 4.38 Grafik temperatur skenario 3 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'







Gambar 4.39 Grafik kecepatan aliran udara skenario 3 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'

Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 3 dengan temperatur ruang rata rata  $36.5^{\circ}\text{C}$  dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 2 dan 12 dengan kecepatan aliran udara rata rata sebesar  $0.1\text{ m/s}$

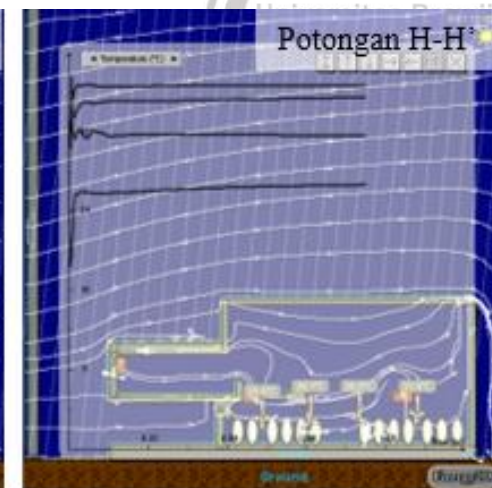


Tabel 4.25 Hasil simulasi pukul 14.45 Skenario 3

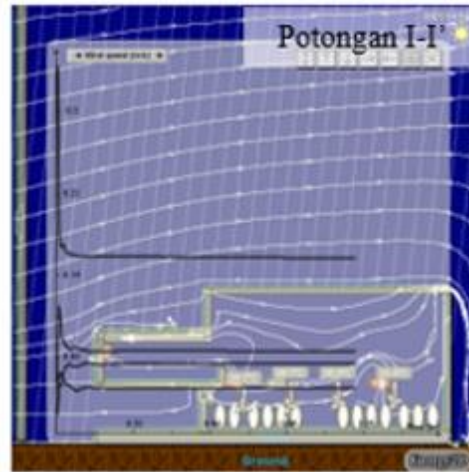
Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	26.7	0.03
	5	27.3	0.03
	9	27.1	0.01
Potongan B-B'	2	27.5	0.07
	6	28.1	0.04
	10	27.6	0.17
Potongan C-C'	3	27.5	0.07
	7	28.1	0.04
	11	27.6	0.17
Potongan D-D'	4	26.9	0.06
	8	27.8	0.04
	12	27.1	0.16
Potongan G-G'	1	25.8	0.03
	2	26.5	0.04
	3	27.4	0.04
	4	25.8	0.13
Potongan H-H'	5	25.5	0.04
	6	26.2	0.04
	7	26.8	0.05
	8	25.4	0.13
Potongan I-I'	9	25.8	0.03
	10	26.5	0.04
	11	27.4	0.04
	12	25.8	0.13



4. Skenario 4 ( $v_{ac} = 0.4 \text{ m/s}$ ,  $T_{ac} = 26^\circ\text{C}$ ,  $n = 16 \text{ orang}$ )



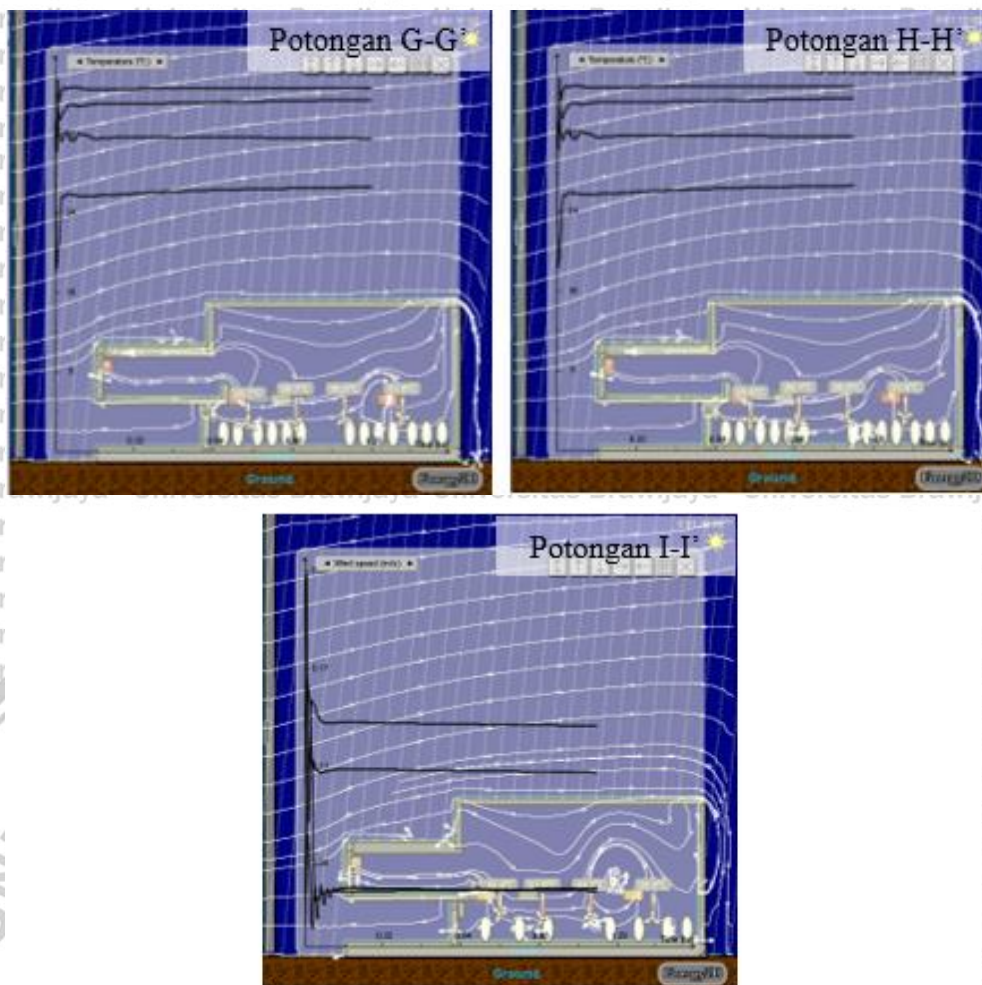




Gambar 4.40 Grafik temperatur skenario 4 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'







Gambar 4.41 Grafik kecepatan aliran udara skenario 4 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'

Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 3 dengan temperatur ruang rata rata 36.5 °C dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 2 dan 12 dengan kecepatan aliran udara rata rata sebesar 0.1 m/s

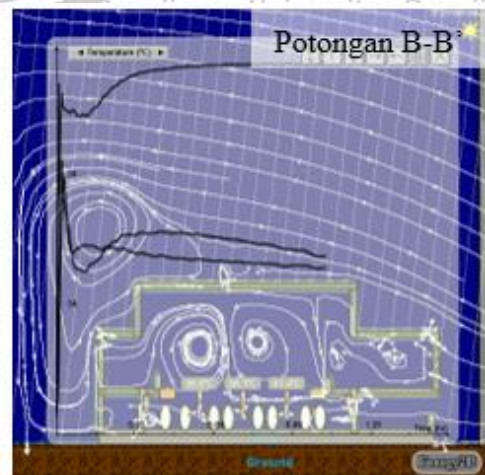
Tabel 4.26 Hasil simulasi pukul 14.45 Skenario 4

Titik pengamatan	Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	0.11
	5	0.25
	9	0.2
Potongan B-B'	2	0.12
	6	0.25

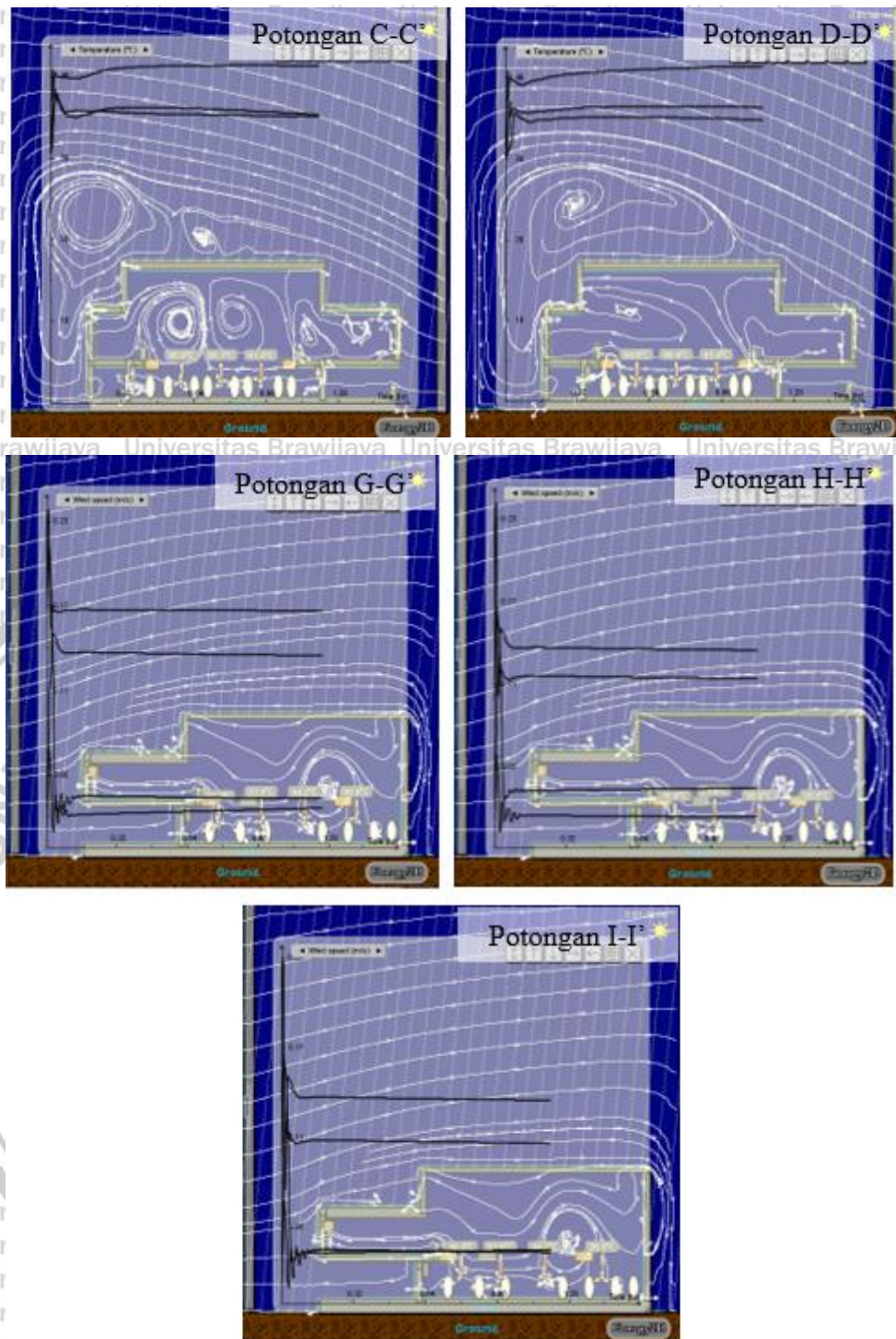


Titik pengamatan	Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan C-C'	10	26.2
	3	26.6
	7	28.3
	11	26.9
Potongan D-D'	4	26.5
	8	28.5
	12	26.8
Potongan G-G'	1	27.2
	2	28.1
	3	27.9
	4	26.8
Potongan H-H'	5	27
	6	27.9
	7	28.2
	8	26.7
Potongan I-I'	9	27.2
	10	28.1
	11	27.9
	12	26.8

5. Skenario 5 ( $v_{ac} = 0.1 \text{ m/s}$ ,  $T_{ac} = 26^\circ\text{C}$ ,  $n = 8 \text{ orang}$ )

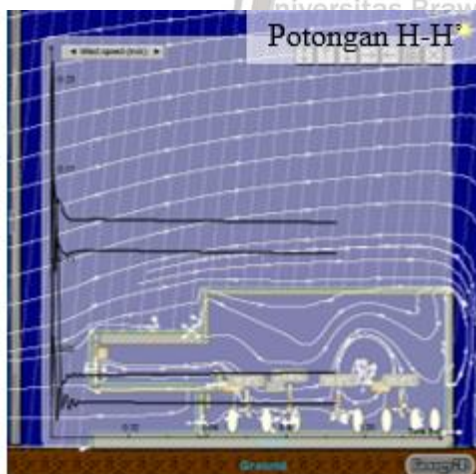
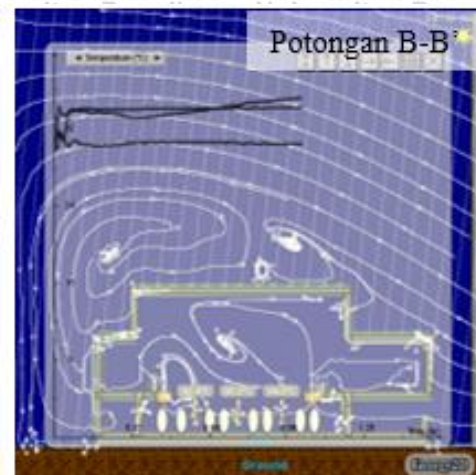
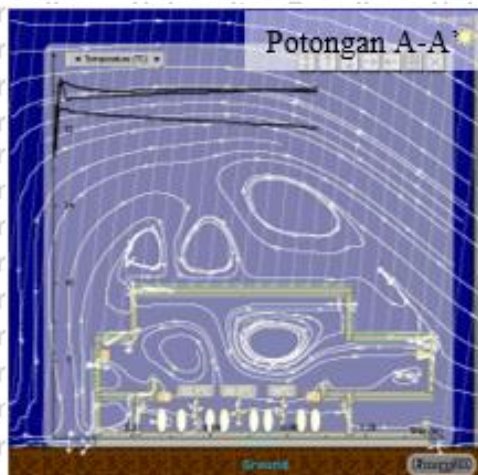




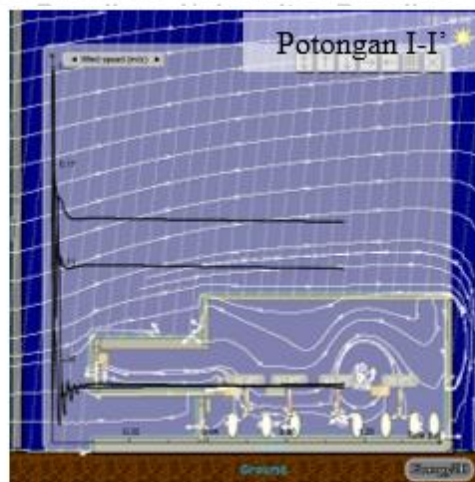


Gambar 4.42 Grafik temperatur skenario 5 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'









Gambar 4.43 Grafik kecepatan aliran udara skenario 5 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'

Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 3 dengan temperatur ruang rata rata 36.5 °C dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 2 dan 12 dengan kecepatan aliran udara rata rata sebesar 0.1 m/s

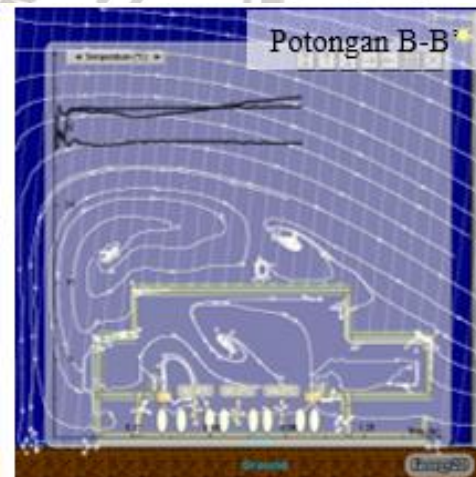
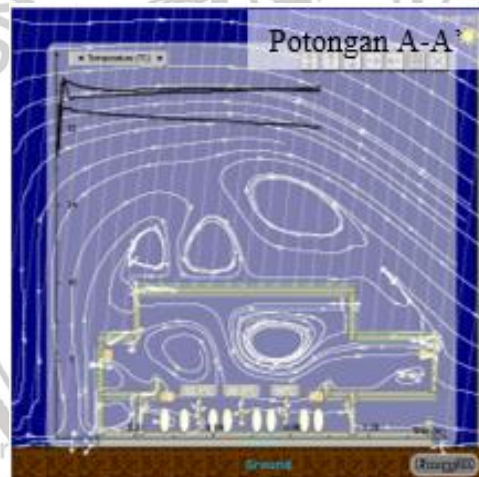
Tabel 4.27 Hasil simulasi pukul 14.45 Skenario 5

Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	28.4	0.06
	5	26.8	0.05
	9	27.2	0.02
Potongan B-B'	2	28	0.07
	6	27.2	0.02
	10	27.7	0.03
Potongan C-C'	3	27.5	0.07
	7	27.1	0.02
	11	27.4	0.04
Potongan D-D'	4	27.4	0.06
	8	27.2	0.01
	12	28.1	0.04
Potongan G-G'	1	28.8	0.03

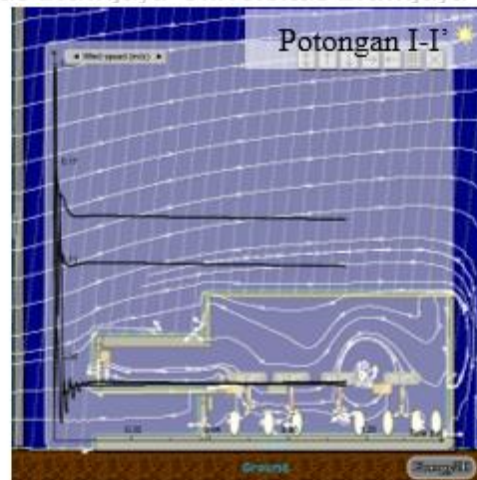


Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
	2	25.3	0.01
	3	27.9	0.02
	4	30.4	0.04
	5	28.8	0.04
Potongan H-H'	6	25.1	0.01
	7	27.7	0.01
	8	30.2	0.04
	9	28.7	0.03
Potongan I-I'	10	25.2	0.02
	11	27.8	0.01
	12	30.4	0.04

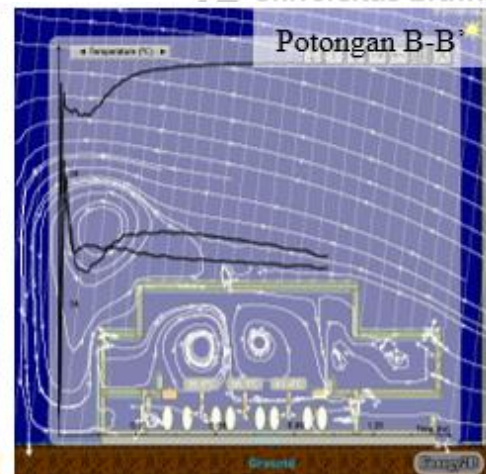
6. Skenario 6 ( $v_{ac} = 0.4$  m/s,  $T_{ac} = 26^{\circ}\text{C}$ ,  $n = 8$  orang)



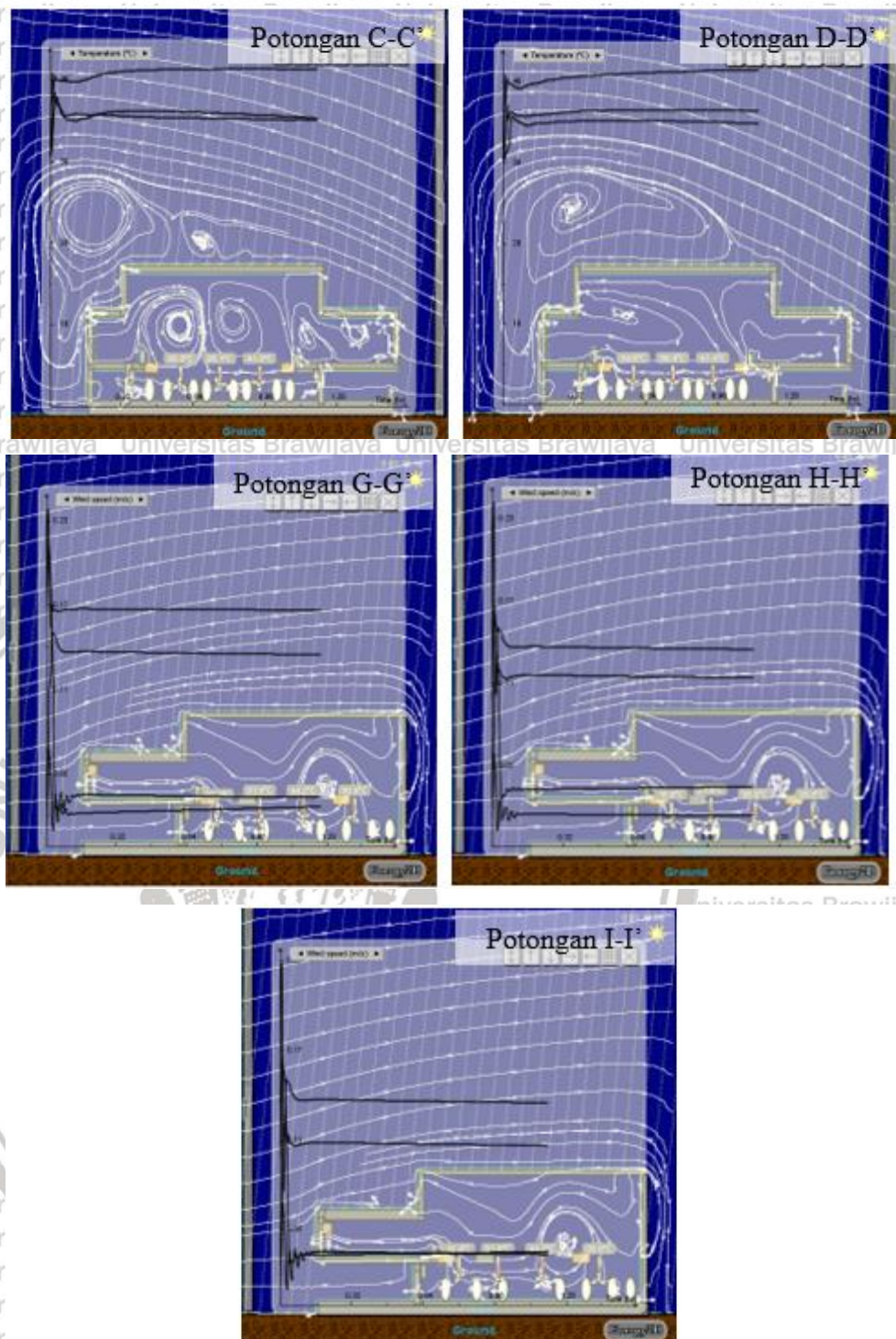




Gambar 4.44 Grafik temperatur skenario 6 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'







Gambar 4.45 Grafik kecepatan aliran udara skenario 6 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'

Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 3 dengan temperatur ruang rata-rata 36.5 °C dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 2 dan 12 dengan kecepatan aliran udara rata-rata sebesar 0.1 m/s

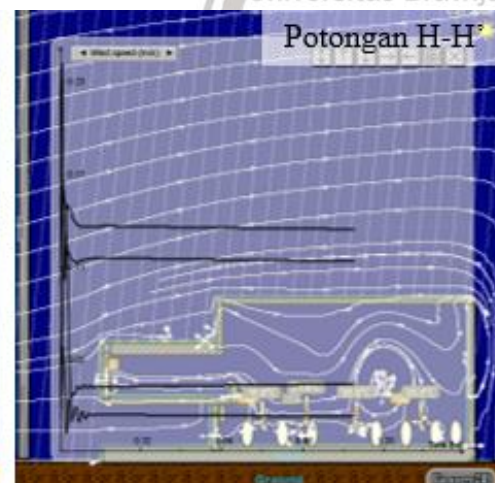
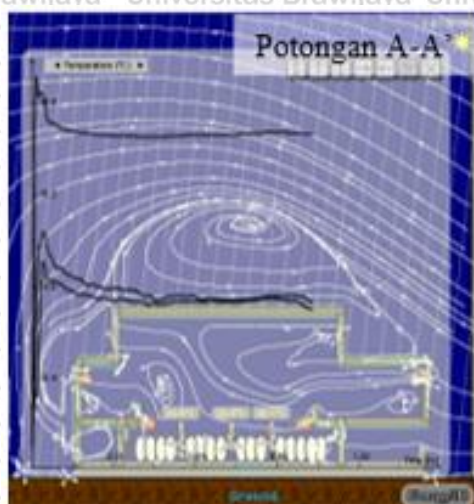


Tabel 4.28 Hasil simulasi pukul 14.45 Skenario 6

Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	27.8	0.29
	5	20.9	0.31
	9	26.8	0.23
Potongan B-B'	2	26.2	0.22
	6	26.3	0.11
	10	25.7	0.06
Potongan C-C'	3	26.4	0.22
	7	26.1	0.12
	11	25.9	0.05
Potongan D-D'	4	26.2	0.21
	8	26.1	0.11
	12	25.8	0.05
Potongan G-G'	1	25.4	0.02
	2	28.1	0.13
	3	27.5	0.04
	4	26	0.11
Potongan H-H'	5	25.3	0.02
	6	28	0.14
	7	27.5	0.04
	8	26.1	0.11
Potongan I-I'	9	25.7	0.01
	10	28.2	0.14
	11	27.6	0.04
	12	26	0.11



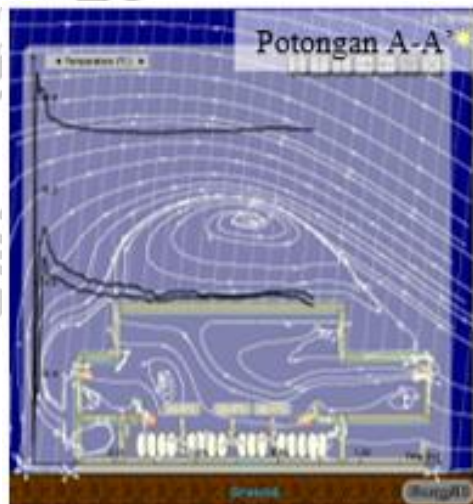
7. Skenario 7 ( $v_{ac} = 0.1 \text{ m/s}$ ,  $T_{ac} = 22^\circ\text{C}$ ,  $n = 16$  orang)



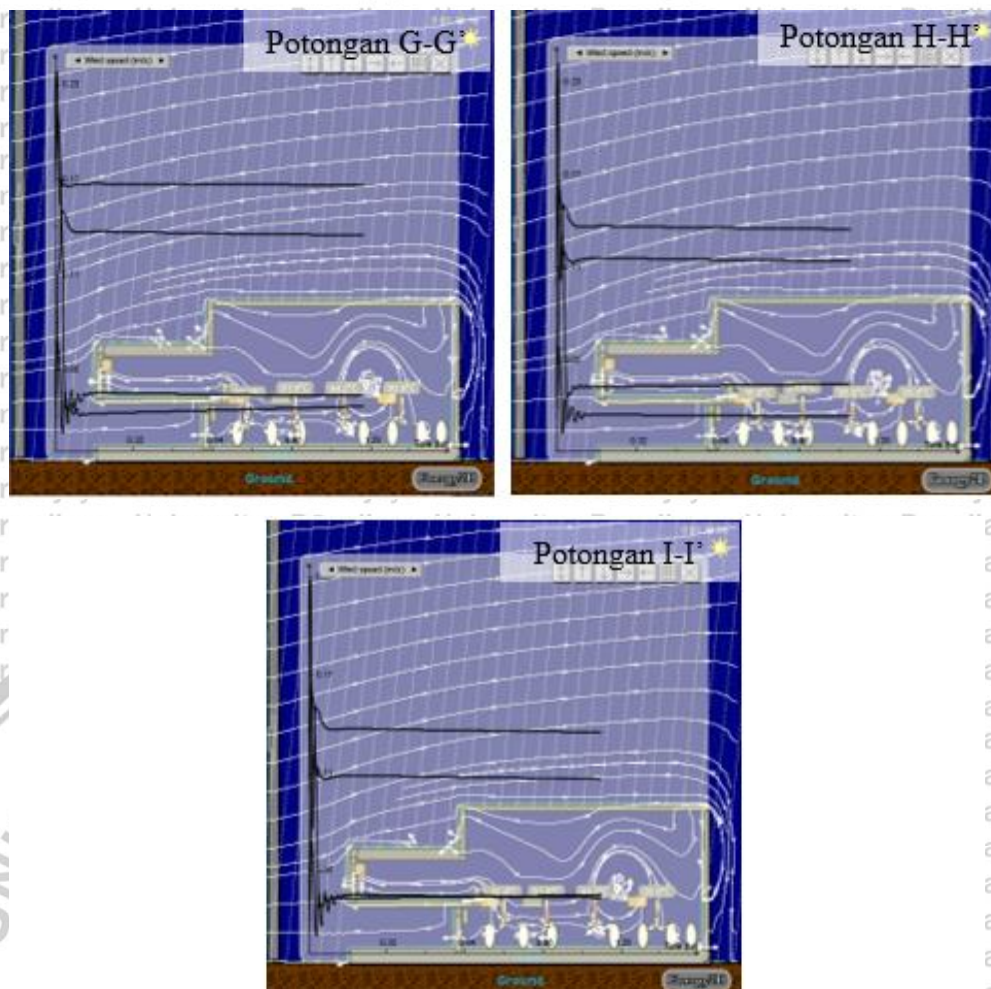




Gambar 4.46 Grafik temperatur skenario 7 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'







Gambar 4.47 Grafik kecepatan aliran udara skenario 7 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'

Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 3 dengan temperatur ruang rata rata 36.5 °C dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 2 dan 12 dengan kecepatan aliran udara rata rata sebesar 0.1 m/s

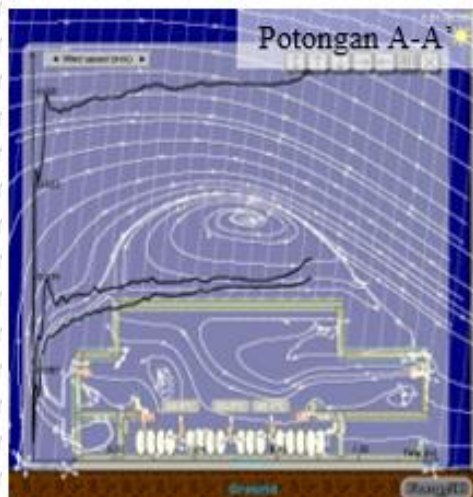
Tabel 4.29 Hasil simulasi pukul 14.45 Skenario 7

Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	27.1	0.03
	5	27.2	0.04
	9	27.3	0.01
Potongan B-B'	2	27.2	0.02
	6	27.7	0.03

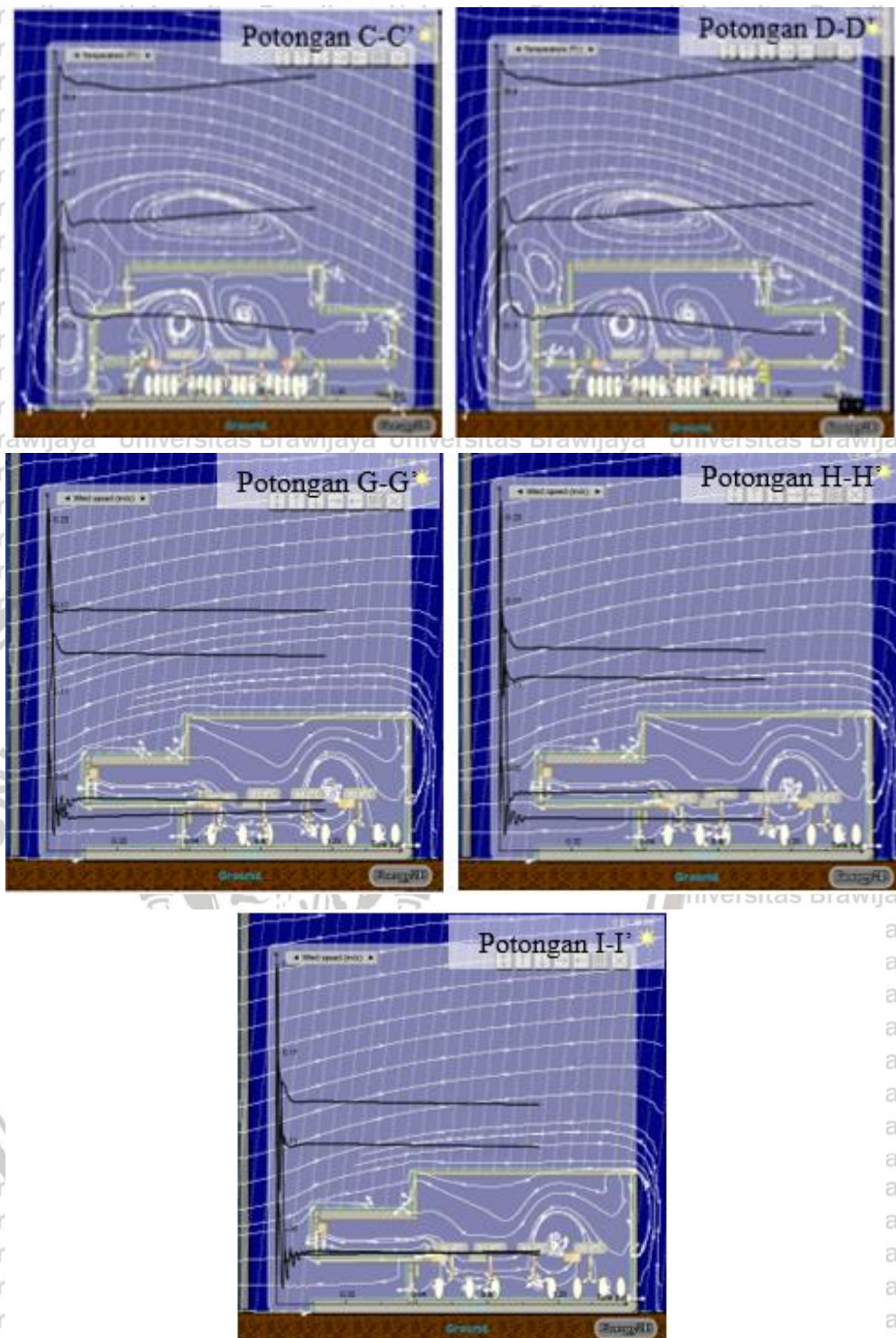


Titik pengamatan	Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan C-C'	10	26.6
	3	27.2
	7	27.7
	11	26.6
Potongan D-D'	4	27.2
	8	27.5
	12	26.7
Potongan G-G'	1	29.8
	2	27.8
	3	27.6
	4	26.4
Potongan H-H'	5	26.8
	6	26.3
	7	26.6
	8	27.2
Potongan I-I'	9	29.9
	10	27.9
	11	27.6
	12	26.4

8. Skenario 8 ( $v_{ac} = 0.4$  m/s,  $T_{ac}=22^{\circ}\text{C}$ ,  $n= 16$  orang)

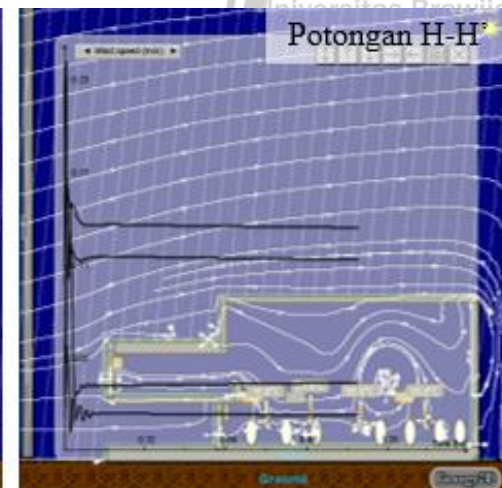
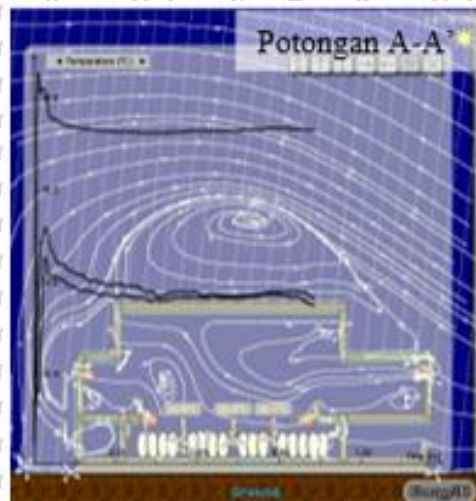




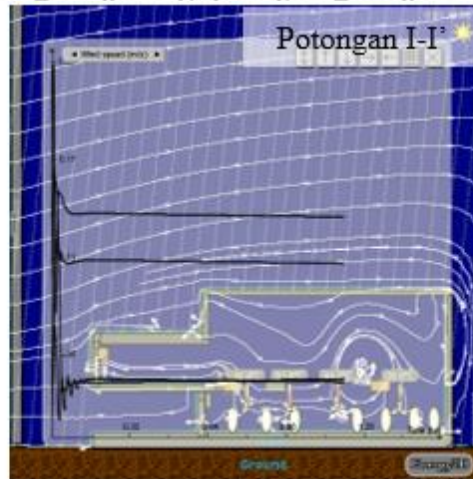


Gambar 4.48 Grafik temperatur skenario 7: potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'









Gambar 4.49 Grafik kecepatan aliran udara skenario 7 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'

Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 3 dengan temperatur ruang rata rata 36.5 °C dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 2 dan 12 dengan kecepatan aliran udara rata rata sebesar 0.1 m/s

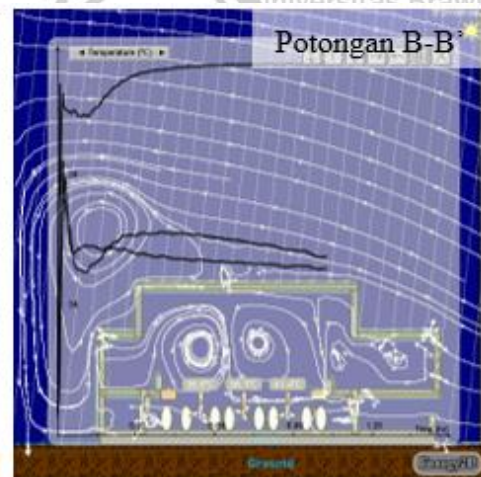
Tabel 4.30 Hasil simulasi pukul 14.45 Skenario 8

Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	25.5	0.3
	5	26.4	0.06
	9	26	0.2
Potongan B-B'	2	27.4	0.12
	6	26.9	0.25
	10	27.1	0.37
Potongan C-C'	3	25.9	0.12
	7	27.1	0.25
	11	25.8	0.38
Potongan D-D'	4	24.5	0.12
	8	26.9	0.26
	12	25.1	0.38
Potongan G-G'	1	26	0.08
	2	28.5	0.07

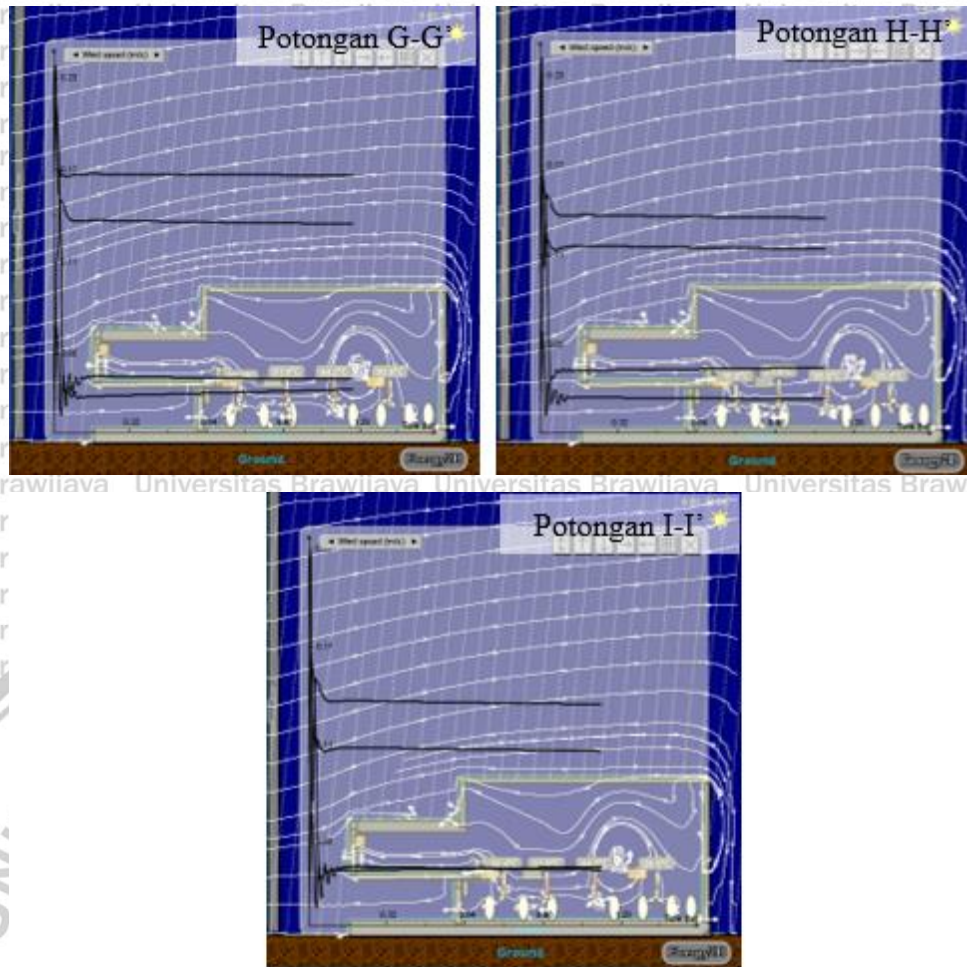


Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan H-H'	3	27.2	0.03
	4	25.7	0.18
	5	26.5	0.09
	6	27.8	0.08
	7	27.3	0.03
	8	25.7	0.18
	Potongan I-I'	9	26.4
10		28	0.07
11		27.7	0.02
12		25.5	0.18

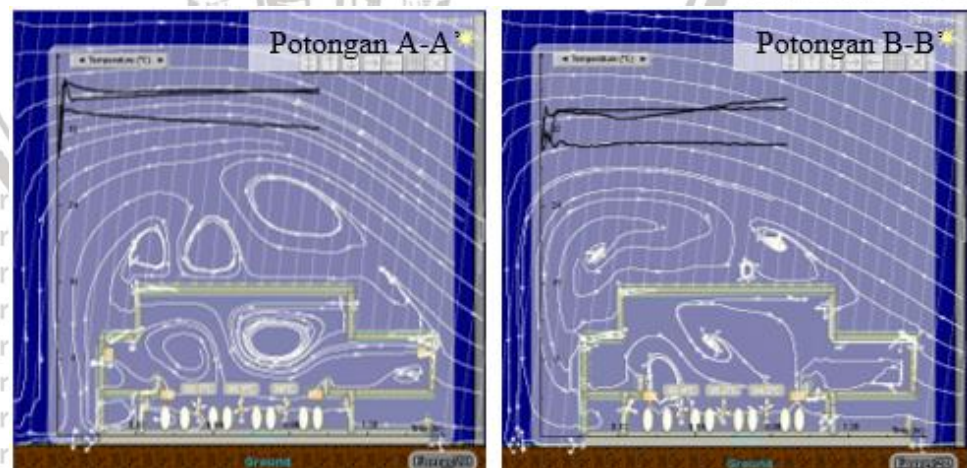
9. Skenario 9 ( $v_{kipas} = 0.1 \text{ m/s}$ ,  $n = 8 \text{ orang}$ )  $V_{\text{angin lingkungan}} = 0.66 \text{ m/s}$



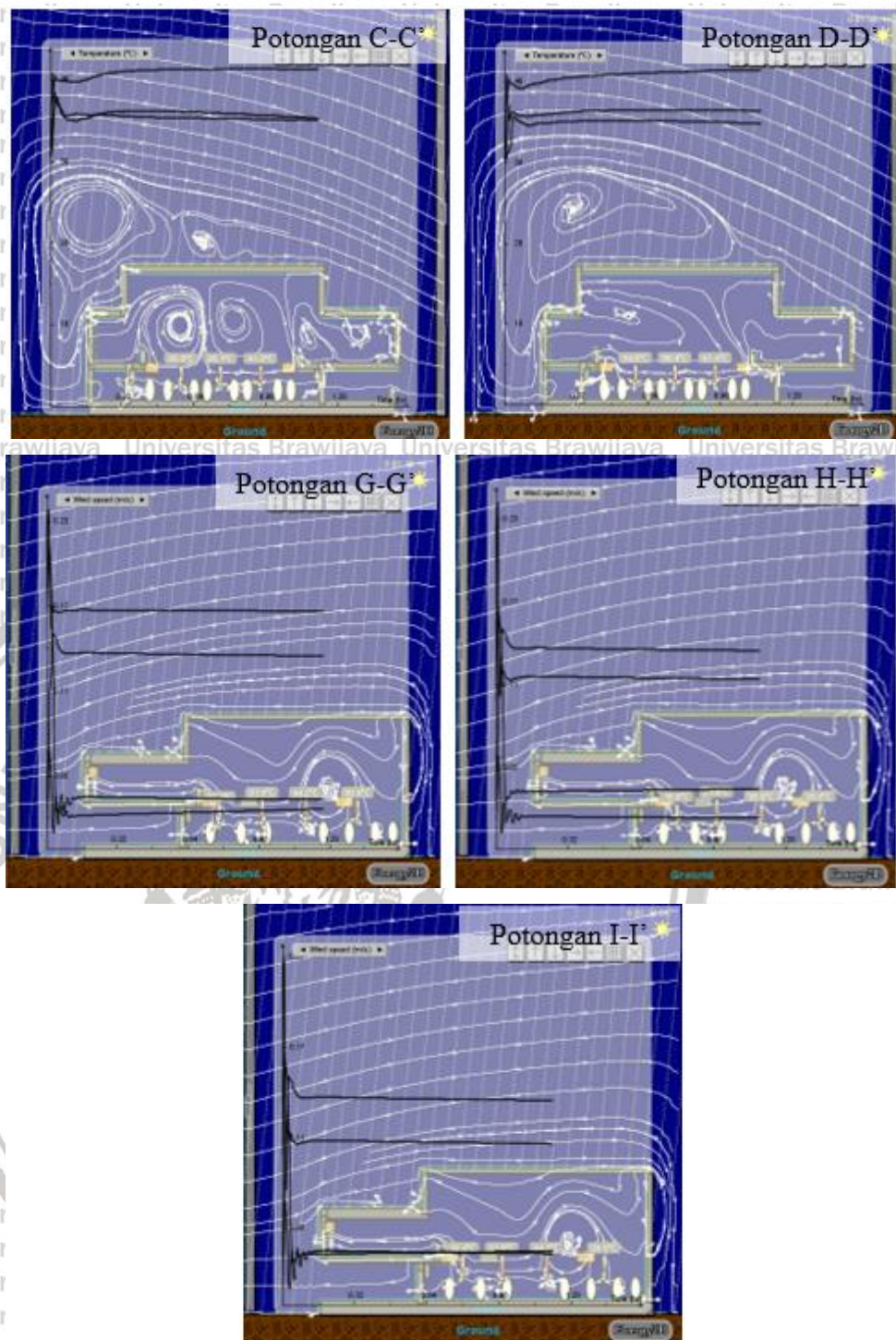




Gambar 4.50 Grafik temperatur skenario 9 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'







Gambar 4.51 Grafik kecepatan aliran udara skenario 9 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'

Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 3 dengan temperatur ruang rata rata  $35,5^{\circ}\text{C}$  dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 4 dengan kecepatan aliran udara rata rata sebesar  $0,13\text{ m/s}$

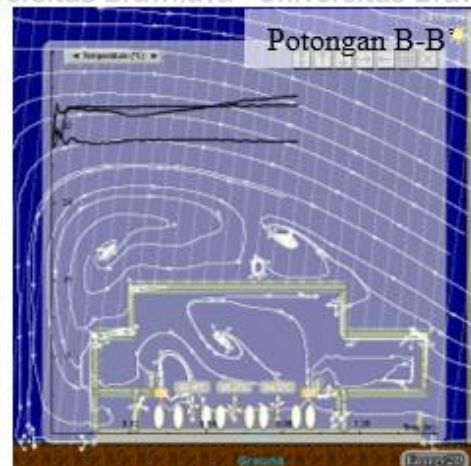
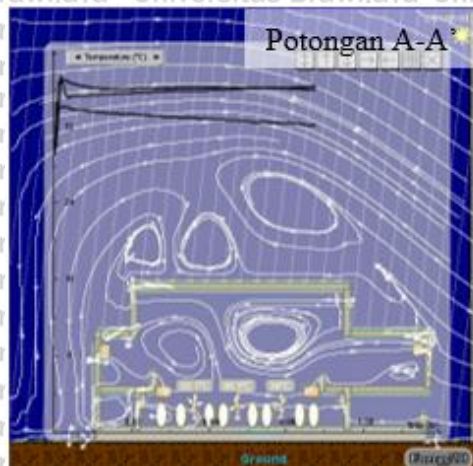


Tabel 4.31 Hasil simulasi pukul 14.45 Skenario 9

Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	25.7	0.02
	5	27.5	0.08
	9	31	0.08
Potongan B-B'	2	26.1	0.3
	6	26.7	0.23
	10	29.7	0.21
Potongan C-C'	3	25.1	0.13
	7	24	0.21
	11	31.4	0.16
Potongan D-D'	4	26.3	0.08
	8	27.6	0.15
	12	30.5	0.16
Potongan G-G'	1	29.3	0.07
	2	26.7	0.14
	3	25.3	0.18
	4	24.9	0.26
Potongan H-H'	5	27.2	0.13
	6	24.7	0.19
	7	24	0.19
	8	23.9	0.29
Potongan I-I'	9	29.2	0.07
	10	26.8	0.14
	11	25.3	0.18
	12	24.9	0.26



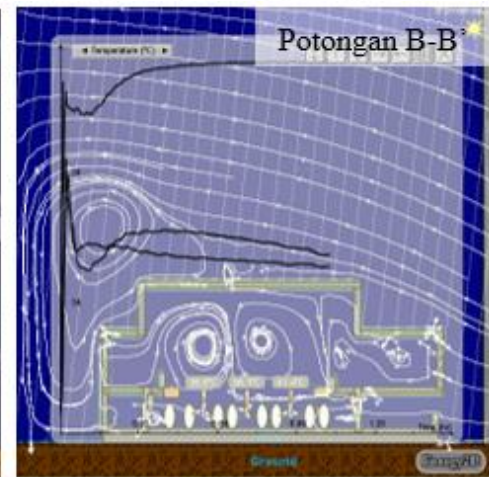
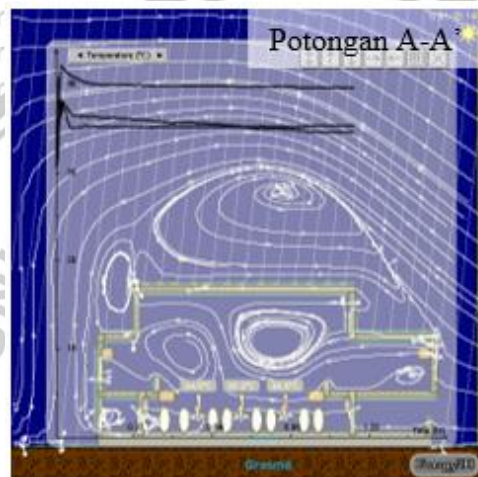
10. Skenario 10 ( $v_{\text{kipas}} = 0.4 \text{ m/s}$ ,  $n = 8 \text{ orang}$ )  $V_{\text{angin lingkungan}} = 0.66 \text{ m/s}$



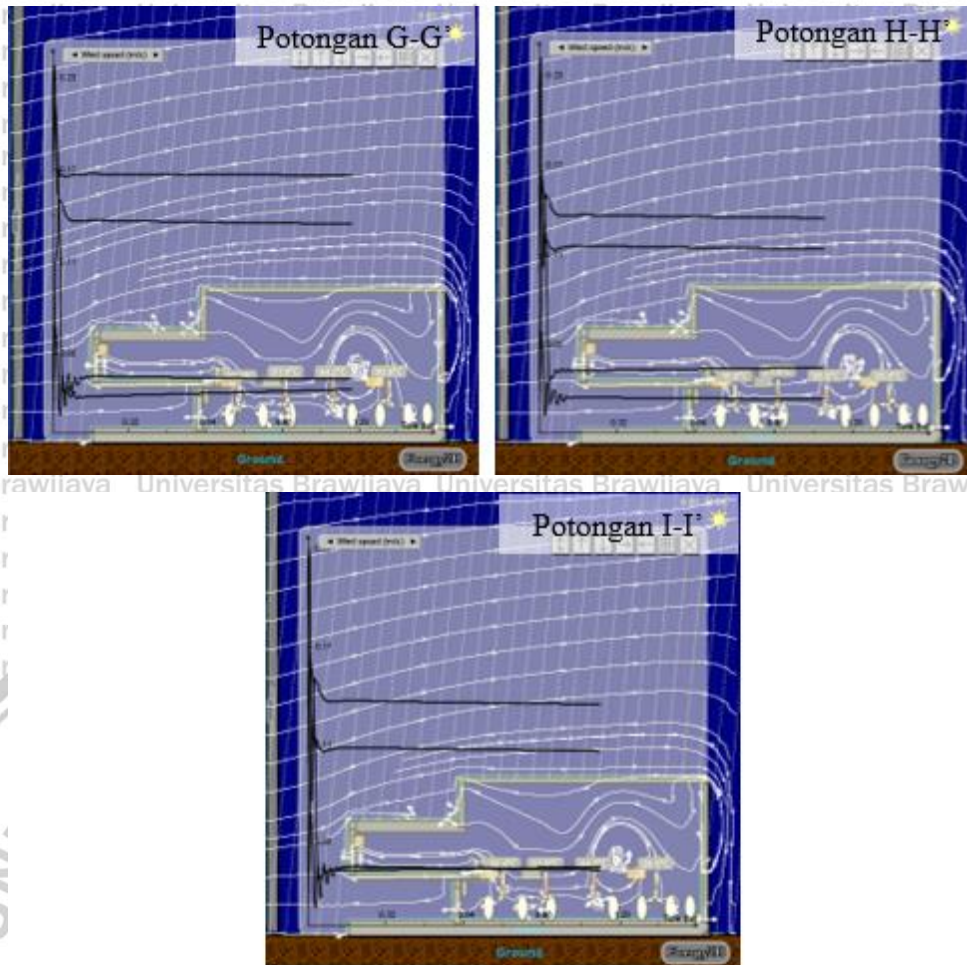




Gambar 4.52 Grafik temperatur skenario 10 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'







Gambar 4.53 Grafik kecepatan aliran udara skenario 10 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'

Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 3 dengan temperatur ruang rata rata 35.5 °C dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 4 dengan kecepatan aliran udara rata rata sebesar 0.13 m/s

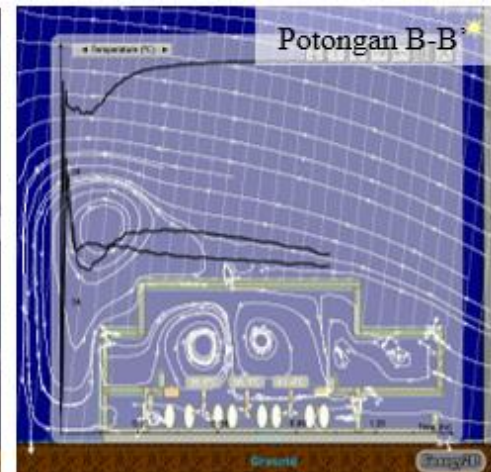
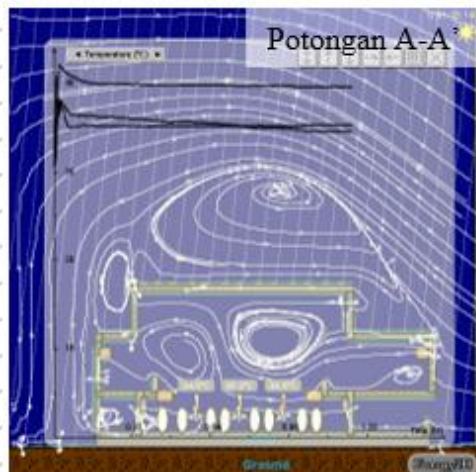
Tabel 4.32 Hasil simulasi pukul 14.45 Skenario 10

Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	25.3	0.04
	5	26.5	0.08
	9	28	0.08
Potongan B-B'	2	26.1	0.3
	6	25.4	0.24

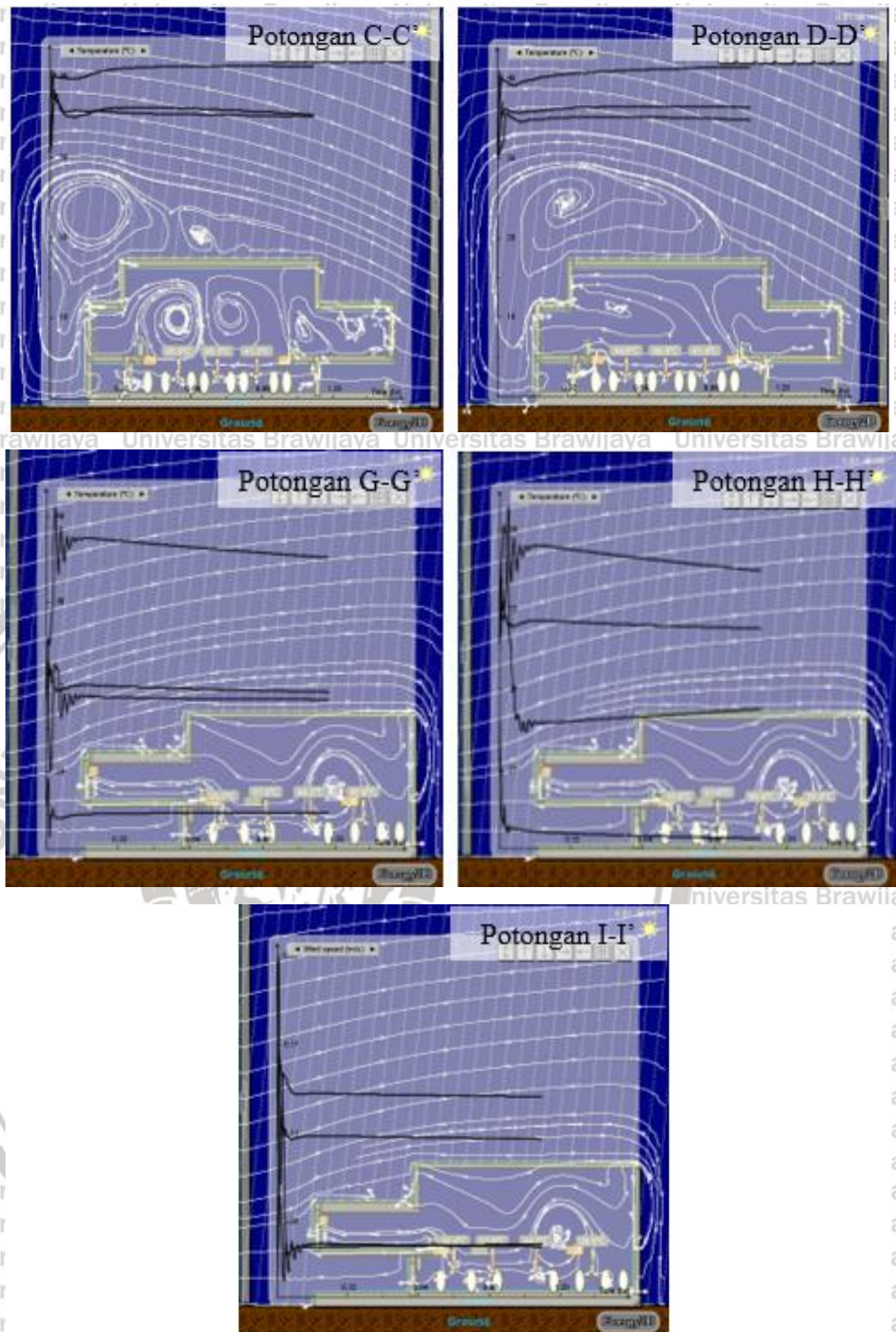


Titik pengamatan	Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan C-C'	10	28.1
	3	24.1
	7	23
	11	27.8
Potongan D-D'	4	24.8
	8	22.6
	12	26.5
Potongan G-G'	1	29.2
	2	26.8
	3	25.3
	4	24.9
Potongan H-H'	5	26.2
	6	25.7
	7	24
	8	23.9
Potongan I-I'	9	28.1
	10	27.6
	11	26.2
	12	26.3

11. Skenario 11 ( $v_{\text{kipas}} = 1 \text{ m/s}$ ,  $n = 8 \text{ orang}$ )  $V_{\text{angin lingkungan}} = 0.66 \text{ m/s}$

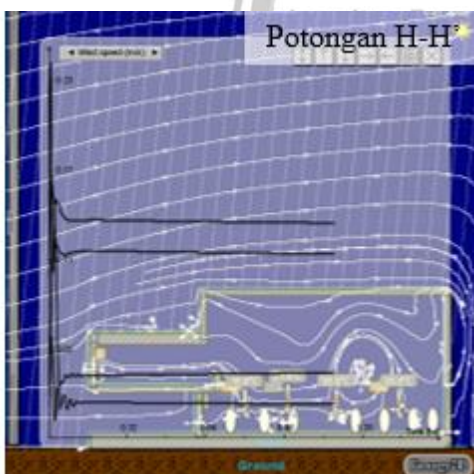
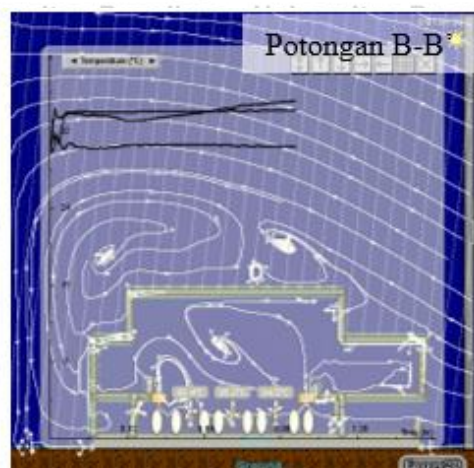




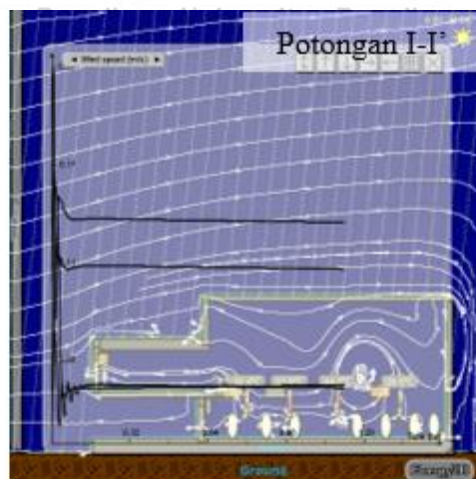


Gambar 4.54 Grafik temperatur skenario 11 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'









Gambar 4.55 Grafik kecepatan aliran udara skenario 11 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'

Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 2 dengan temperatur ruang rata rata 39.2 °C dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 4 dengan kecepatan aliran udara rata rata sebesar 0.29 m/s

Tabel 4.33 Hasil simulasi pukul 14.45 Skenario 11

Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	26.2	0.03
	5	26.7	0.08
	9	28.2	0.05
Potongan B-B'	2	26	0.21
	6	26.8	0.1
	10	25.3	0.05
Potongan C-C'	3	26.2	0.21
	7	26.7	0.1
	11	25.1	0.05
Potongan D-D'	4	26.1	0.21
	8	26.8	0.1
	12	25.2	0.05
Potongan G-G'	1	29.2	0.07

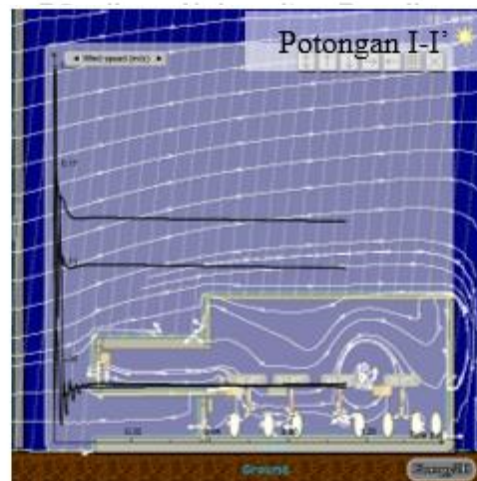


Titik pengamatan	Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
2	26.8	0.14
3	25.3	0.18
4	24.9	0.26
5	29.2	0.07
6	26.8	0.14
Potongan H-H'	7	0.18
	8	0.26
	9	0.06
	10	0.1
Potongan I-I'	11	0.12
	12	0.23

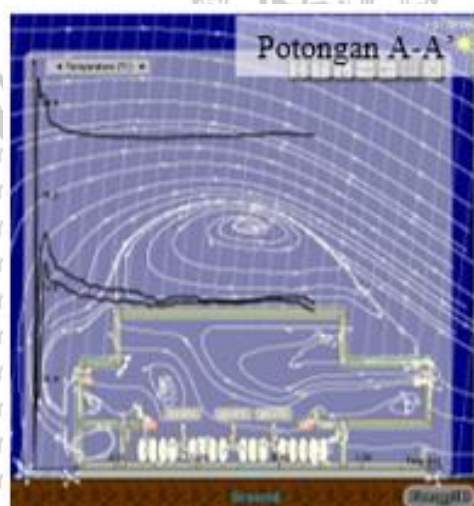
12. Skenario 12 ( $V_{\text{kipas}} = 0.1 \text{ m/s}$ ,  $n = 16 \text{ orang}$ )  $V_{\text{angin lingkungan}} = 0.66 \text{ m/s}$



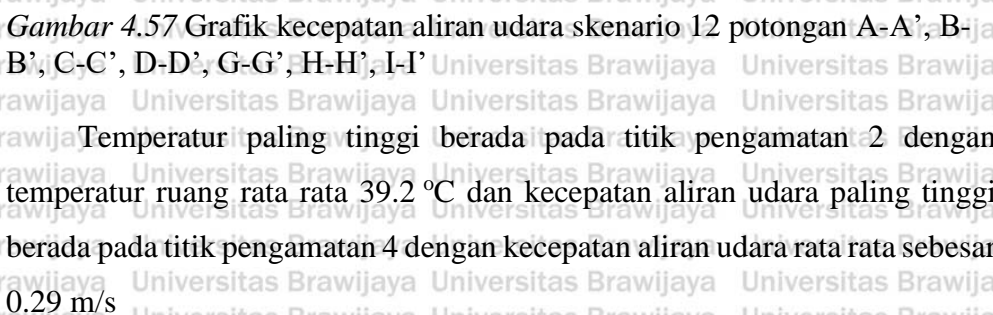




Gambar 4.56 Grafik temperatur skenario 12 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'







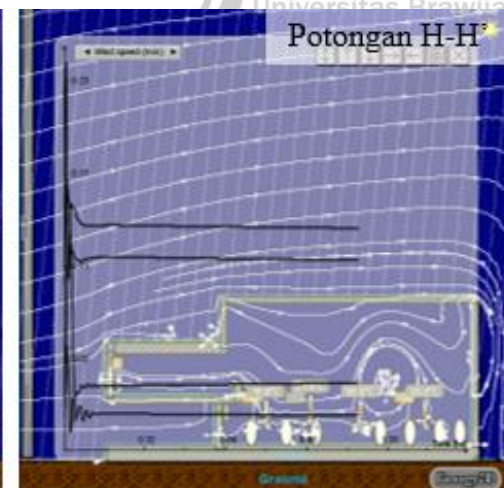


Tabel 4.34 Hasil simulasi pukul 14.45 Skenario 12

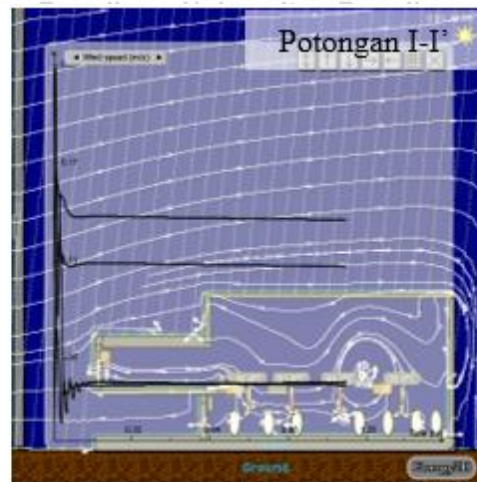
Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	27.3	0.02
	5	26.7	0.08
	9	29.2	0.05
Potongan B-B'	2	26	0.21
	6	26.8	0.1
	10	25.3	0.05
Potongan C-C'	3	26.2	0.21
	7	26.7	0.1
	11	25.1	0.05
Potongan D-D'	4	26.1	0.21
	8	26.8	0.1
	12	25.2	0.05
Potongan G-G'	1	23.8	0.07
	2	25.5	0.14
	3	26.5	0.04
	4	24.6	0.12
Potongan H-H'	5	24.8	0.05
	6	24.3	0.13
	7	26	0.04
	8	25.2	0.11
Potongan I-I'	9	28.2	0.06
	10	27	0.1
	11	26.1	0.12
	12	26.1	0.07



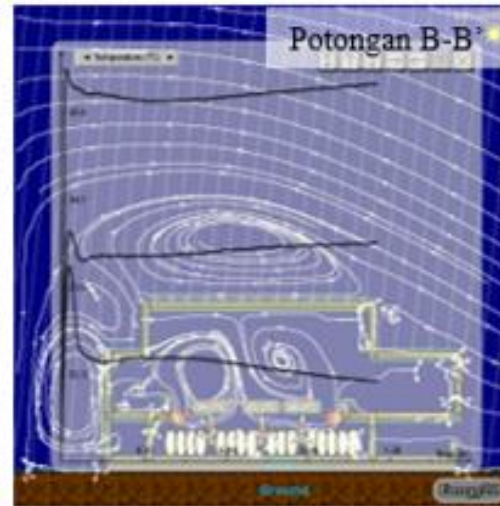
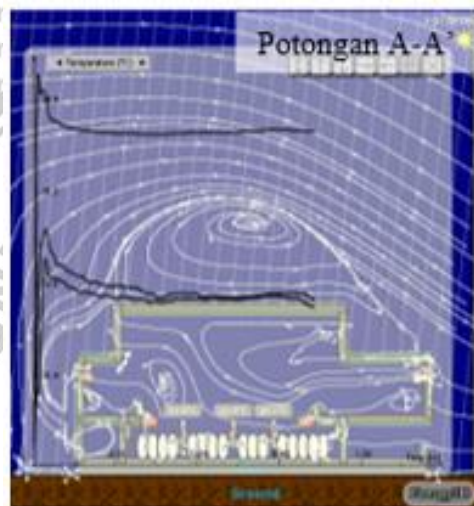
13. Skenario 13 ( $v_{\text{kipas}} = 0.4 \text{ m/s}$ ,  $n = 16 \text{ orang}$ )  $V_{\text{angin lingkungan}} = 0.66 \text{ m/s}$



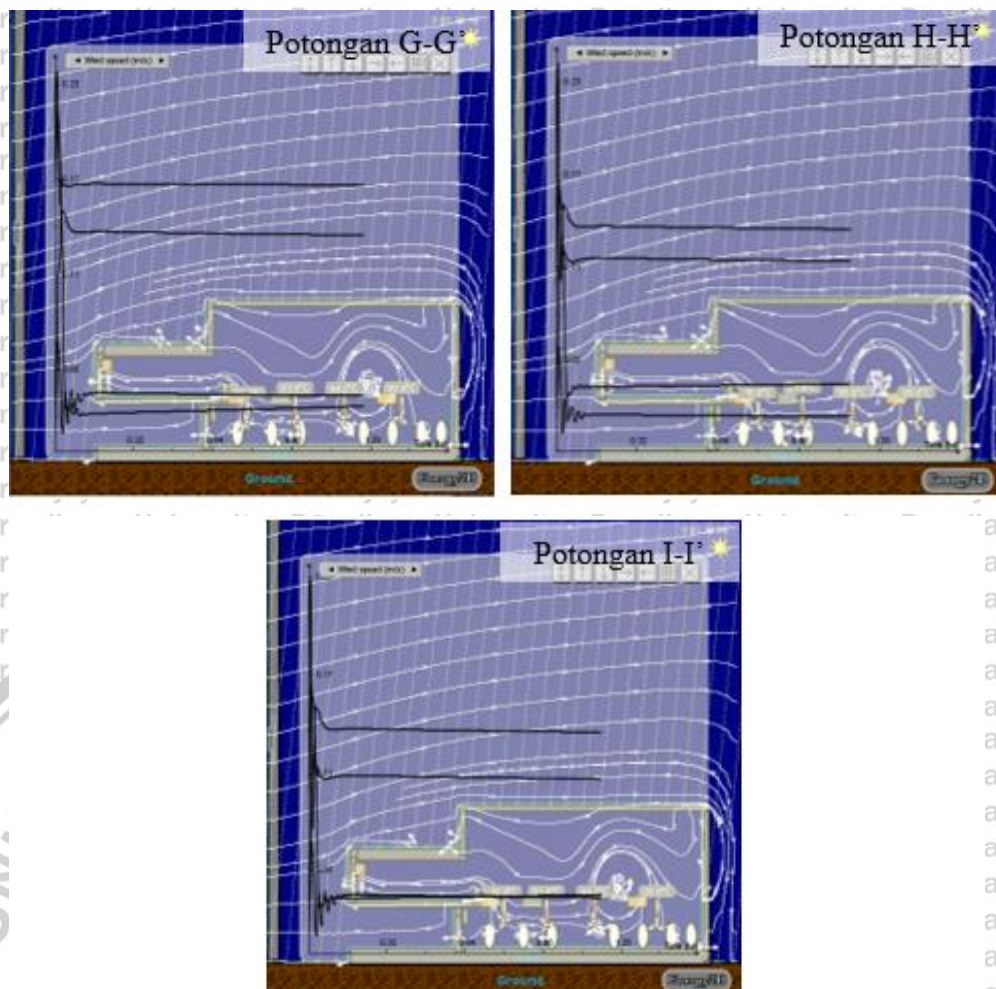




Gambar 4.58 Grafik temperatur skenario 13 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'







Gambar 4.59 Grafik kecepatan aliran udara skenario 13 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'

Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 2 dengan temperatur ruang rata rata 39.2 °C dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 4 dengan kecepatan aliran udara rata rata sebesar 0.29 m/s

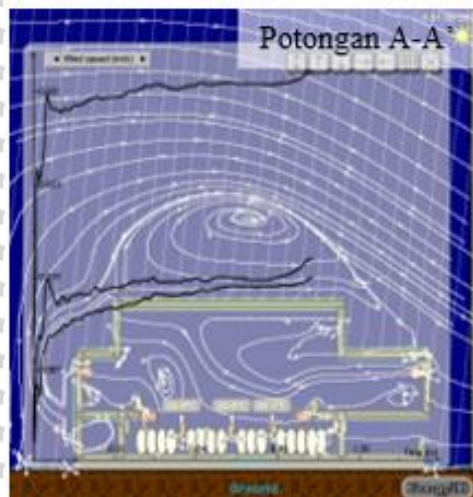
Tabel 4.35 Hasil simulasi pukul 14.45 Skenario 13

Titik pengamatan	Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	0.05
	5	0.04
	9	0.05
Potongan B-B'	2	0.21
	6	0.1

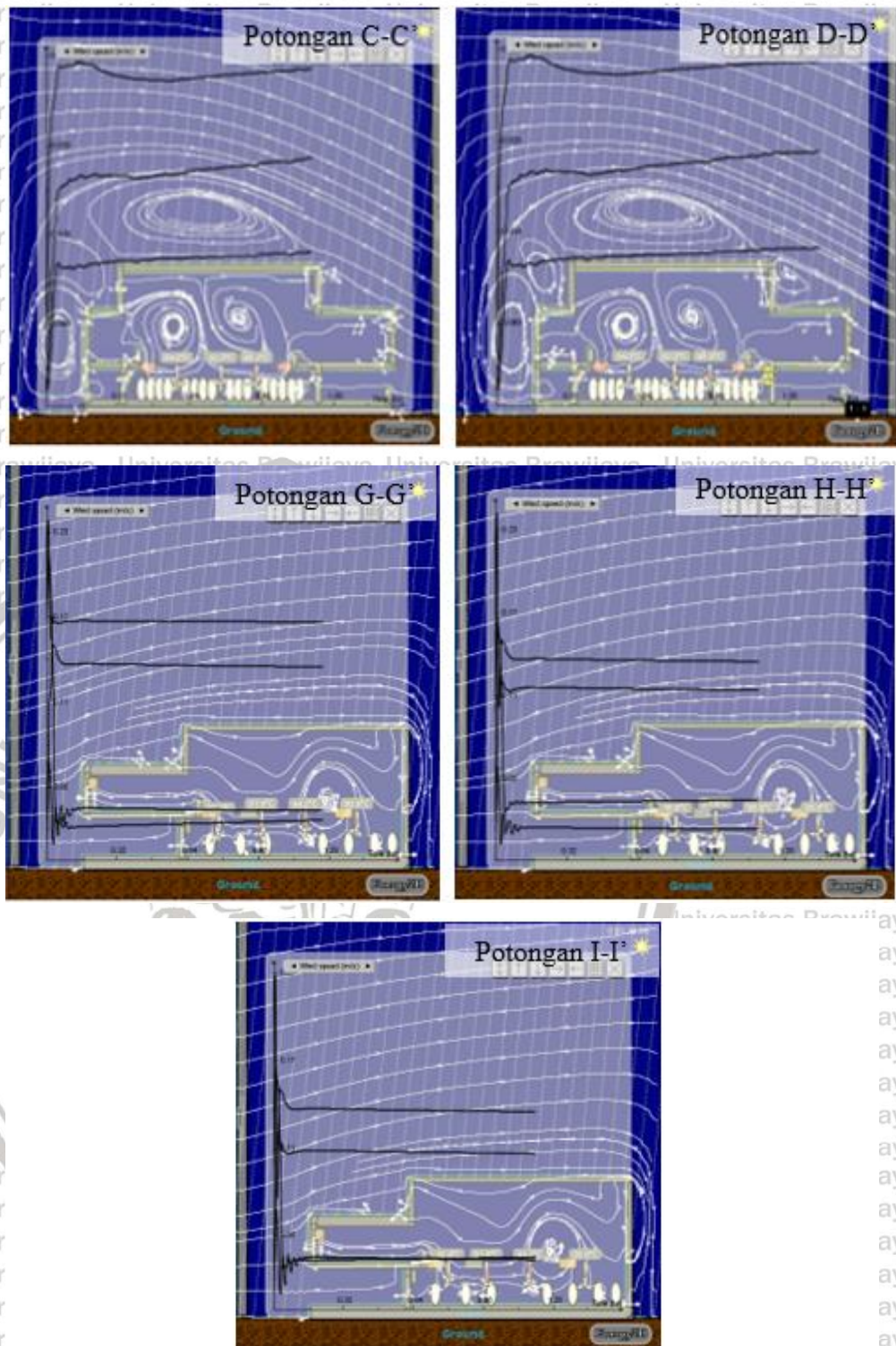


Titik pengamatan	Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan C-C'	10	25.3
	3	26.2
	7	26.7
	11	25.1
Potongan D-D'	4	26.1
	8	26.8
	12	25.2
Potongan G-G'	1	23.8
	2	25.5
	3	26.5
	4	24.6
Potongan H-H'	5	24.8
	6	24.3
	7	26.5
	8	25.2
Potongan I-I'	9	28.2
	10	27.3
	11	26
	12	27.1

14. Skenario 14 ( $v_{kipas} = 1 \text{ m/s}$ ,  $n = 16$  orang)  $V_{\text{angin lingkungan}} = 0.66 \text{ m/s}$

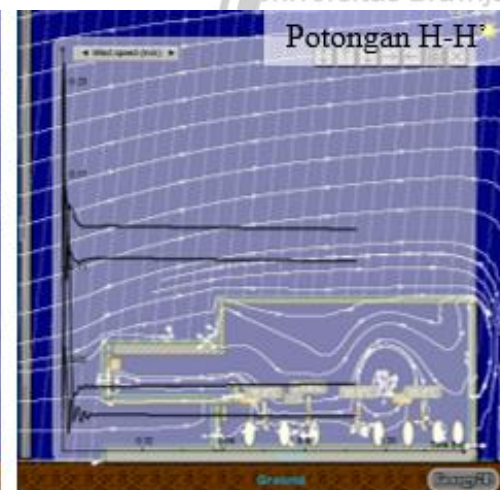
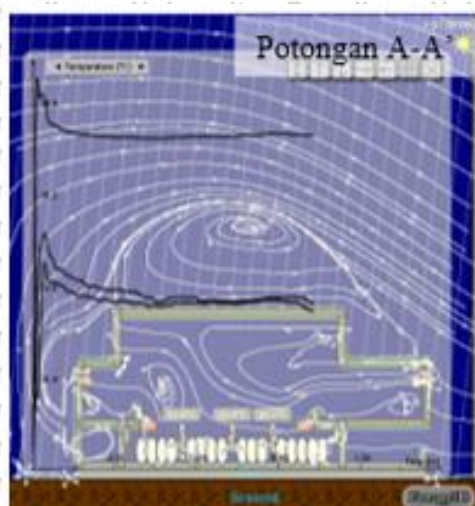






Gambar 4.60 Grafik temperatur skenario 14 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'









Gambar 4.61 Grafik kecepatan aliran udara skenario 14 potongan A-A', B-B', C-C', D-D', G-G', H-H', I-I'

Temperatur paling tinggi berada pada titik pengamatan 2 dengan temperatur ruang rata rata 39.2 °C dan kecepatan aliran udara paling tinggi berada pada titik pengamatan 4 dengan kecepatan aliran udara rata rata sebesar 0.29 m/s

Tabel 4.36 Hasil simulasi pukul 14.45 Skenario 14

Titik pengamatan		Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
Potongan A-A'	1	27	0.03
	5	25.3	0.08
	9	27.2	0.05
Potongan B-B'	2	26	0.21
	6	26.8	0.1
	10	25.3	0.05
Potongan C-C'	3	26.2	0.21
	7	26.7	0.1
	11	25.1	0.05
Potongan D-D'	4	26.1	0.21
	8	26.8	0.1
	12	25.2	0.05
Potongan G-G'	1	23.8	0.07



Titik pengamatan	Temperatur ruang (°C)	Kecepatan aliran udara ruang (m/s)
2	25.5	0.14
3	26.5	0.04
4	24.6	0.12
5	24.8	0.05
6	24.3	0.13
Potongan H-H'	7	0.04
	8	0.11
	9	0.08
	10	0.12
Potongan I-I'	11	0.02
	12	0.07

Semua data dari titik pengamatan kemudian dicari nilai rata rata dari potongan vertikal dan horizontal (dari denah) tiap skenarionya. Semua data ditampilkan pada tabel 4.37 dibawah.

Tabel 4.37 Hasil simulasi temperatur udara pukul 11.30 WIB dan 14.45 WIB

Pukul	Skenario	Titik Pengamatan Temperatur ruang											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11.30	Skenario 1	27	26.5	27.1	27	26.1	26.2	26.6	26.9	26.9	26.5	26.6	27
	Skenario 2	24.8	25.8	26.4	25.4	22.8	25.6	25.7	25.5	25.1	25.2	25.3	25
	Skenario 3	27.1	27.1	27.3	26.7	27.9	27.9	27.3	26.9	26.9	28.3	27.4	26.8
	Skenario 4	27.1	26.9	26.8	26.7	26.7	26.7	26.3	26.6	26.9	26.9	26.3	26.8
	Skenario 5	28.6	26.7	27.7	28.9	27.8	26.2	27.4	28.7	28	26.5	27.6	29.3
	Skenario 6	26.6	27.1	26.8	26.1	23.1	26.7	26.8	26.1	26.3	27	26.8	25.9
	Skenario 7	28.5	27.5	27.4	26.8	27	27	27.1	27.4	28.6	27.3	27.1	26.6
	Skenario 8	25.8	26.8	26.6	25.1	26.5	26.9	26.4	26.3	26.2	27.1	26.8	25.7
	Skenario 9	27	26.7	26.9	25	26.8	25.2	25.5	26.8	27.1	26.9	26.9	26.7
	Skenario 10	22.9	23.1	23.4	23.3	24.4	25.3	23.6	24.3	23.3	23.1	22.8	23.2
	Skenario 11	20.8	21.1	21.3	20.9	22.2	22.6	22.7	22.4	21.4	20.9	21.6	21.3
	Skenario 12	26.4	25.5	25.8	26.2	27.3	27.5	28.1	27.7	27.3	27.5	27.2	28.3



Pukul	Skenario	Titik Pengamatan Temperatur ruang											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14.45	Skenario 13	25.9	25.8	26.3	26.1	26.4	26.5	27	26.5	26.3	25.9	26.2	27
	Skenario 14	23.2	22.9	23.4	23.1	24.5	25.3	24.7	24.8	24.4	23.6	23.3	25.2
	Skenario 1	26.8	26.5	27	27.1	26.8	26.4	26.6	26.8	26.9	26.5	26.7	26.6
	Skenario 2	24.8	25.6	26.4	25.4	22.8	25.6	25.4	25.6	25.1	25.2	25.8	25.1
	Skenario 3	27.1	27.1	27.3	26.7	27.9	27.9	28.3	26.9	26.9	28.3	27.4	26.8
	Skenario 4	26.7	26.9	26.5	26.7	27	26.9	26.5	26.7	26.9	26.8	26.8	26.4
	Skenario 5	28.6	26.7	27.7	28.9	27.8	26.2	27.4	28.7	28	26.5	27.6	29.3
	Skenario 6	26.6	26.5	26.8	26.1	23.1	26.5	26.8	26.1	26.3	26.7	26.8	26.3
	Skenario 7	28.5	27.5	27.4	26.8	27	27	27.1	27.4	28.6	27.3	27.1	26.6
	Skenario 8	25.9	26.1	26.6	25.8	26.5	26.4	26.2	26.3	26.2	26.6	26.8	26.1
	Skenario 9	26.7	26.8	26.7	26.5	26.7	26.2	25.9	26.4	26.7	27.1	26.9	26.7
	Skenario 10	23.1	23.3	23.2	23.2	24.6	25.3	23.6	24.3	23.2	23.4	23.5	23.4
	Skenario 11	20.9	21.3	21.4	21.1	22.4	22.6	22.8	22.5	21.4	21.6	21.6	21.7
	Skenario 12	26.6	25.8	25.9	26.4	27.4	27.7	28.4	27.8	27.5	27.8	27.3	28.5
	Skenario 13	24.9	25.3	25.3	25.5	25.5	25.2	25.7	25.8	25.6	25.4	25.7	25.6
	Skenario 14	23.3	23.1	23.4	23.4	25.5	25.3	25.2	24.9	24.7	23.6	23.5	25.5

Tabel 4. 38 Hasil simulasi kecepatan aliran udara pukul 11.30 WIB dan 14.45 WIB

Pukul	Skenario	Titik Pengamatan kecepatan aliran udara ruang											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11.30	Skenario 1	0.04	0.04	0.04	0.05	0.02	0.015	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04
	Skenario 2	0.15	0.18	0.13	0.17	0.19	0.12	0.07	0.11	0.17	0.1	0.05	0.09
	Skenario 3	0.09	0.1	0.21	0.15	0.16	0.17	0.14	0.22	0.13	0.23	0.2	0.21
	Skenario 4	0.09	0.1	0.07	0.15	0.16	0.17	0.14	0.22	0.13	0.23	0.4	0.22
	Skenario 5	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
	Skenario 6	0.16	0.18	0.13	0.16	0.17	0.13	0.08	0.11	0.12	0.1	0.05	0.08
	Skenario 7	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	Skenario 8	0.19	0.1	0.08	0.15	0.08	0.17	0.14	0.22	0.14	0.22	0.2	0.28



Pukul	Skenario	Titik Pengamatan kecepatan aliran udara ruang											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14.45	Skenario 9	0.06	0.44	0.16	0.22	0.12	0.19	0.18	0.36	0.05	0.34	0.14	0.35
	Skenario 10	0.11	0.13	0.16	0.28	0.06	0.07	0.09	0.19	0.04	0.06	0.12	0.19
	Skenario 11	0.16	0.19	0.26	0.31	0.11	0.15	0.24	0.33	0.08	0.12	0.19	0.2
	Skenario 12	0.02	0.04	0.04	0.09	0.03	0.02	0.05	0.1	0.02	0.04	0.07	0.09
	Skenario 13	0.1	0.14	0.18	0.25	0.06	0.07	0.09	0.19	0.03	0.04	0.08	0.16
	Skenario 14	0.14	0.18	0.25	0.29	0.11	0.15	0.23	0.29	0.08	0.12	0.18	0.21
	Skenario 1	0.04	0.04	0.04	0.05	0.02	0.015	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04
	Skenario 2	0.15	0.18	0.13	0.17	0.19	0.12	0.07	0.11	0.17	0.1	0.05	0.09
	Skenario 3	0.09	0.1	0.21	0.15	0.16	0.17	0.14	0.22	0.13	0.23	0.2	0.24
	Skenario 4	0.09	0.1	0.07	0.15	0.16	0.17	0.14	0.22	0.13	0.23	0.4	0.25
	Skenario 5	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
	Skenario 6	0.16	0.18	0.13	0.16	0.17	0.13	0.08	0.11	0.12	0.1	0.05	0.08
	Skenario 7	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	Skenario 8	0.19	0.1	0.08	0.15	0.08	0.17	0.14	0.22	0.14	0.22	0.2	0.24
	Skenario 9	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03
	Skenario 10	0.1	0.12	0.12	0.16	0.07	0.14	0.16	0.2	0.1	0.16	0.19	0.23
	Skenario 11	0.16	0.19	0.25	0.28	0.17	0.19	0.23	0.27	0.16	0.19	0.21	0.28
	Skenario 12	0.01	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02	0.04	0.05	0.03	0.02	0.02	0.04
	Skenario 13	0.13	0.13	0.18	0.23	0.09	0.1	0.13	0.19	0.07	0.09	0.12	0.16
	Skenario 14	0.15	0.18	0.23	0.24	0.12	0.15	0.2	0.25	0.08	0.14	0.19	0.23

Dari data diatas dapat dikelompokkan berdasarkan standar kenyamanan termal SNI tentang Tata Cara Perencanaan Teknis Konservasi Energi pada Bangunan Gedung dan SNI 03-6572-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengondisian Udara pada Bangunan Gedung.

Pada pukul 11.30 WIB (dzuhur), skenario yang mencapai kenyamanan termal pada kondisi temperatur ruang nyaman optimal adalah skenario 2, skenario 10, dan skenario 14. Kategori sejuk nyaman adalah skenario 11. Skenario pada kategori hangat nyaman yaitu skenario 1 skenario 4, skenario 6, skenario 8, skenario 9, dan skenario 13.



Kenyamanan termal pada kondisi aliran udara pada ruangan sesuai dengan rekomendasi dari SNI 03-6572-2001 yaitu dibawah 0.15 m/s adalah skenario 1 dan skenario 5. Sedangkan kecepatan aliran udara yang masih dapat diterima yaitu dibawah 0.25 m/s adalah skenario 3, skenario 4, skenario 6, skenario 7, skenario 8, dan skenario 12.

Pada pukul 14.45 WIB (ashar) skenario yang mencapai kenyamanan termal pada kondisi temperatur ruang yang nyaman optimal yaitu skenario 2, skenario 10, skenario 13, dan skenario 14. Kategori sejuk nyaman yaitu skenario 11. Skenario pada kategori hangat nyaman yaitu skenario 1 skenario 4, skenario 6, skenario 8, skenario 9, dan skenario 13. Kenyamanan termal pada kondisi aliran udara pada ruangan sesuai dengan rekomendasi dari SNI 03-6572-2001 yaitu dibawah 0.15 m/s adalah skenario 1, skenario 5, skenario 7, skenario 9 dan skenario 12.

Sedangkan kecepatan aliran udara yang masih dapat diterima yaitu dibawah 0.25 m/s adalah skenario 3, skenario 4, skenario 6, skenario 8, skenario 10, skenario 13 dan skenario 14.

Penggunaan penghawaan buatan dengan AC saja, pada saat kondisi jamaah memiliki jumlah 50% dari jumlah keseluruhan, pengelola masjid dapat menggunakan skenario 1 dan 6. Saat jamaah berjumlah 100%, pengelola masjid dapat menggunakan skenario 4 dan 8. Berdasarkan penelitian Wang *et al* (2013) menyimpulkan bahwa penggunaan energi lebih sedikit saat temperatur diatur lebih tinggi, sehingga diantara skenario 1, 4, 6, dan 8, rekomendasi pengaturan dapat menggunakan skenario 4 dan 6 dengan temperatur AC 26 °C dan kecepatan kipas AC 0.4 m/s.

Sedangkan penggunaan penghawaan buatan dan alami dengan kipas angin dan bukaan bangunan, pada saat kondisi jamaah memiliki jumlah 50% dari jumlah keseluruhan, pengelola masjid dapat menggunakan skenario 10. Saat jamaah berjumlah 100%, pengelola masjid dapat menggunakan skenario 13 dan 14 (untuk pukul 14.45). diantara skenario 10, 13 dan 14, skenario 10 dan 13 dapat menciptakan kondisi dengan temperatur ruang di kategori nyaman optimal. Sehingga rekomendasi pengaturan dapat menggunakan skenario 10 dan 13 dengan kecepatan kipas angin sebesar 0.4 m/s.



## BAB V

### KESIMPULAN

#### 5.1 Kesimpulan

Kondisi eksisting kinerja penghawaan pada masjid berdasarkan hasil pengukuran masih belum optimal pada waktu sholat dzuhur dan ashar, dimana kondisi ruang berada di atas standard kenyamanan ruang SNI. Kondisi pada pukul 11.30 WIB pada waktu sholat dzuhur temperatur ruang mencapai  $29.35^{\circ}\text{C}$ , dan pada pukul 14.45 WIB waktu sholat ashar temperatur ruang mencapai  $28.88^{\circ}\text{C}$ . kedua kondisi ini berada di atas kategori hangat nyaman yang sudah ditentukan yaitu  $27.1^{\circ}\text{C}$  sehingga dapat dikategorikan tidak nyaman.

Simulasi dengan menggunakan 14 skenario pada 2 waktu sholat, pukul 11.30 WIB (dzuhur) dan pukul 14.45 WIB (ashar). Dari simulasi yang dilakukan, terdapat beberapa skenario yang mampu mencapai kondisi kenyamanan termal dengan variabel temperatur udara ruang dan kecepatan aliran udara. Yaitu skenario 1, skenario 4, skenario 6, skenario 8, skenario 10, dan skenario 13 untuk pukul 11.30 WIB. Dan skenario 1, skenario 4, skenario 6, skenario 8, skenario 9, skenario 10, skenario 13, dan skenario 14 pada pukul 14.45 WIB.

Saat pengelola masjid menggunakan penghawaan buatan dengan AC saja, dengan kondisi jamaah 50% dari jumlah keseluruhan ataupun dengan kondisi jamaah berjumlah 100%, rekomendasi pengaturan dapat menggunakan skenario 4 dan 6 dengan temperatur AC  $26^{\circ}\text{C}$  dan kecepatan kipas AC  $0.4\text{ m/s}$ . Sedangkan saat pengelola masjid menggunakan penghawaan buatan dan alami dengan kipas angin dan bukaan bangunan, pada saat kondisi jamaah memiliki jumlah 50% dari jumlah keseluruhan ataupun saat jamaah berjumlah 100%, rekomendasi pengaturan dapat menggunakan skenario 10 dan 13 dengan kecepatan kipas angin sebesar  $0.4\text{ m/s}$ .

#### 5.2 Saran

##### 5.2.1 Pihak pengelola bangunan Masjid Olean Situbondo

Demi mencapai kondisi yang mendekati simulasi pada *Energy2D*, disarankan untuk menambah dan mengganti jenis jendela pada Masjid Olean Situbondo. Desain louver otomatis menyesuaikan dengan ukuran dan bentuk bukaan pada Masjid Olean. Teknis operasional jendela louver otomatis dioperasikan sebelum kedatangan jamaah sholat fardhu. Teknis operasional kipas angin dengan mengatur tingkat kecepatan kipas angin pada pot kontrol sesuai dengan tingkat kecepatan yang disarankan pada tiap kipas angin yang tersedia. Teknis operasional AC dengan VSD dapat dioperasikan dengan mengisi mode pengaturan yang sudah diatur



sebelumnya dan mengoperasikan AC dengan tingkat temperatur dan kecepatan kipas yang disarankan.

### 5.2.2 Penelitian Lanjutan

Penelitian ini masih memiliki banyak kekurangan dan tidak menutup kemungkinan terjadi perbaikan dan pengembangan pada penelitian lanjutan. Perbaikan dan pengembangan yang dapat dilakukan seperti simulasi menggunakan *software* simulasi pergerakan udara 3D dan perbaikan saat pengukuran dan pengambilan data secara serentak.





## DAFTAR PUSTAKA

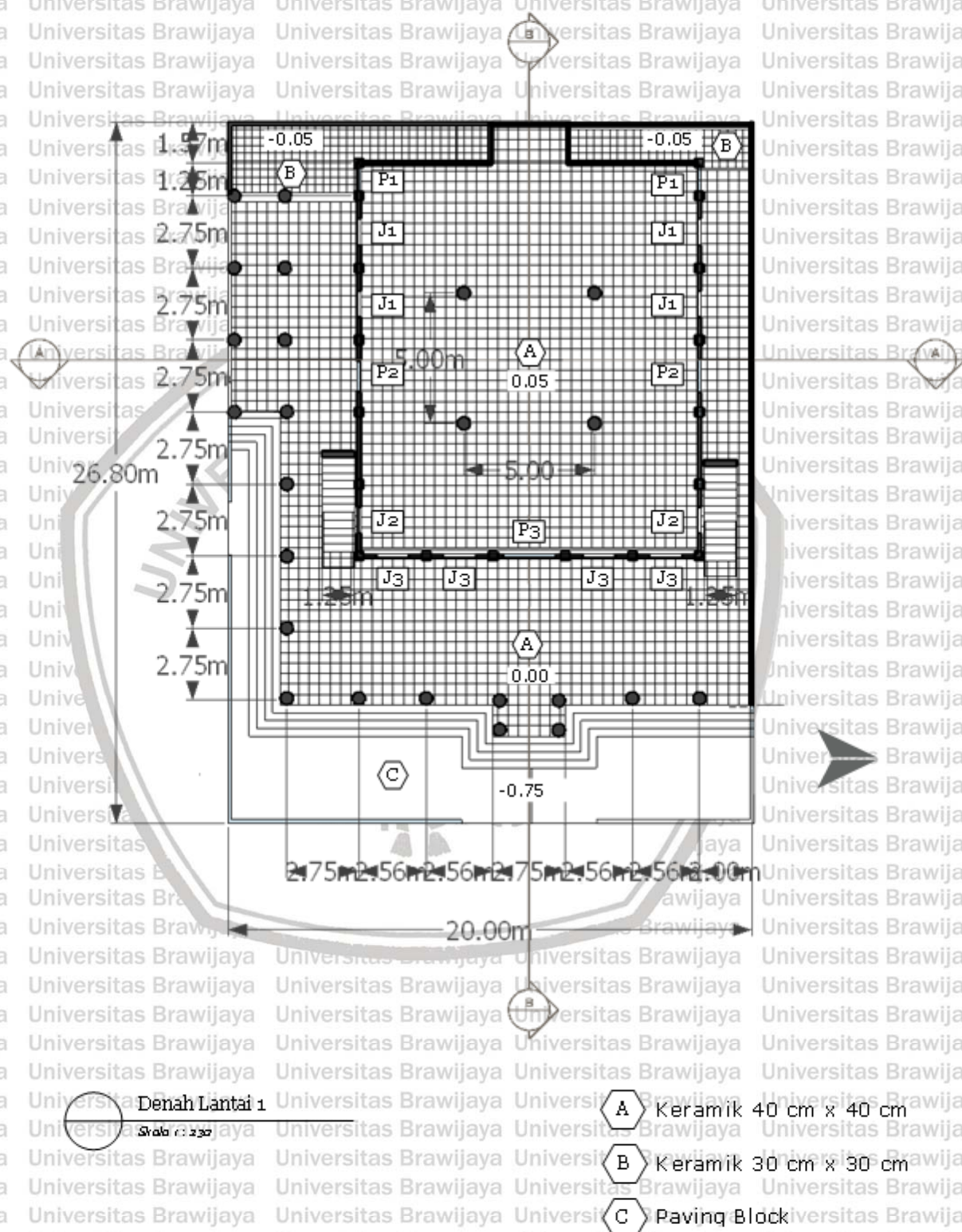
- Al-Azri, N., Zurigat, Y., Al-Rawahi, N. Z. (2013). Development of Bioclimatic Chart for Passive Building Design. *International Journal of Sustainable Energy*
- Antara. (2020). 56 Warga Situbondo Positif Covid, Kebanyakan dari Klaster Masjid. *Bisnis.com*: [surabaya.bisnis.com/read/20200604/531/1248301/56-warga-situbondo-positif-covid-kebanyakan-dari-klaster-masjid](https://surabaya.bisnis.com/read/20200604/531/1248301/56-warga-situbondo-positif-covid-kebanyakan-dari-klaster-masjid) (Diakses 16 November 2020 Pukul 14.55 WIB)
- Aryal, P. & Thananchai, L. (2015). CFD Analysis on Thermal Comfort and Energy Consumption Effected by Partitions in Air-Conditioned Building. *Energy Procedia*, 79 (2015) 183 – 188
- Borro, L., Mazzei, L., Raponi, M., Piscitelli, P, Miani, A., Secinaro, A. (2020). The Role of Air Conditioning in The Diffusion of Sars-CoV-2 in Indoor Environments: A First Computational Fluid Dynamic Model, Based on Investigations Performed at the Vatican State Children's Hospital. *Environmental Research*. 193 (2021) 110343
- Dulbari, D., Santosa, E., Sulistyono, E., Koesmaryona, Y. (2017). Adaptation of Wetland Rice to Extreme Weather. *Jurnal of Tropical Crop Science 4*
- Gut, P. & Ackerknecht, D. (1993). *Climate Responsive Building*. Switzerland: SKAT
- Hybrid Ventilation Centre. (2002). *Principles of Hybrid Ventilation*. Denmark: Aalborg University
- Kabupaten Situbondo. (2020). *Peraturan Bupati Nomor 45 tahun 2020 tentang Penerapan Disiplin dan Penegakan Hukum Protokol Kesehatan sebagai Upaya Pencegahan dan Pengendalian Corona Virus Disease 2019 di Kabupaten Situbondo*. Situbondo: Kabupaten Situbondo
- Karim, N. (2018). *Mashrabiya Mosque*. Archdaily: [www.archdaily.com/901551/mashrabiya-mosque-nudes-founder-and-design-principal-nil-nuru-karim](https://www.archdaily.com/901551/mashrabiya-mosque-nudes-founder-and-design-principal-nil-nuru-karim) (diakses 18 April 2021)
- Karyono, T. H. (2016). Arsitektur Tropis dan Bangunan Hemat Energi. *Jurnal Kalang*. Vol.1 No.1
- SNi. (2001). Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengondisian udara pada bangunan gedung (SNi 03-6572-2001). Badan Standarisasi Nasional.
- SNi. (1993). Tata cara perencanaan teknis konservasi energi pada bangunan gedung. (SNi T-14-1993-03). Badan Standarisasi Nasional.



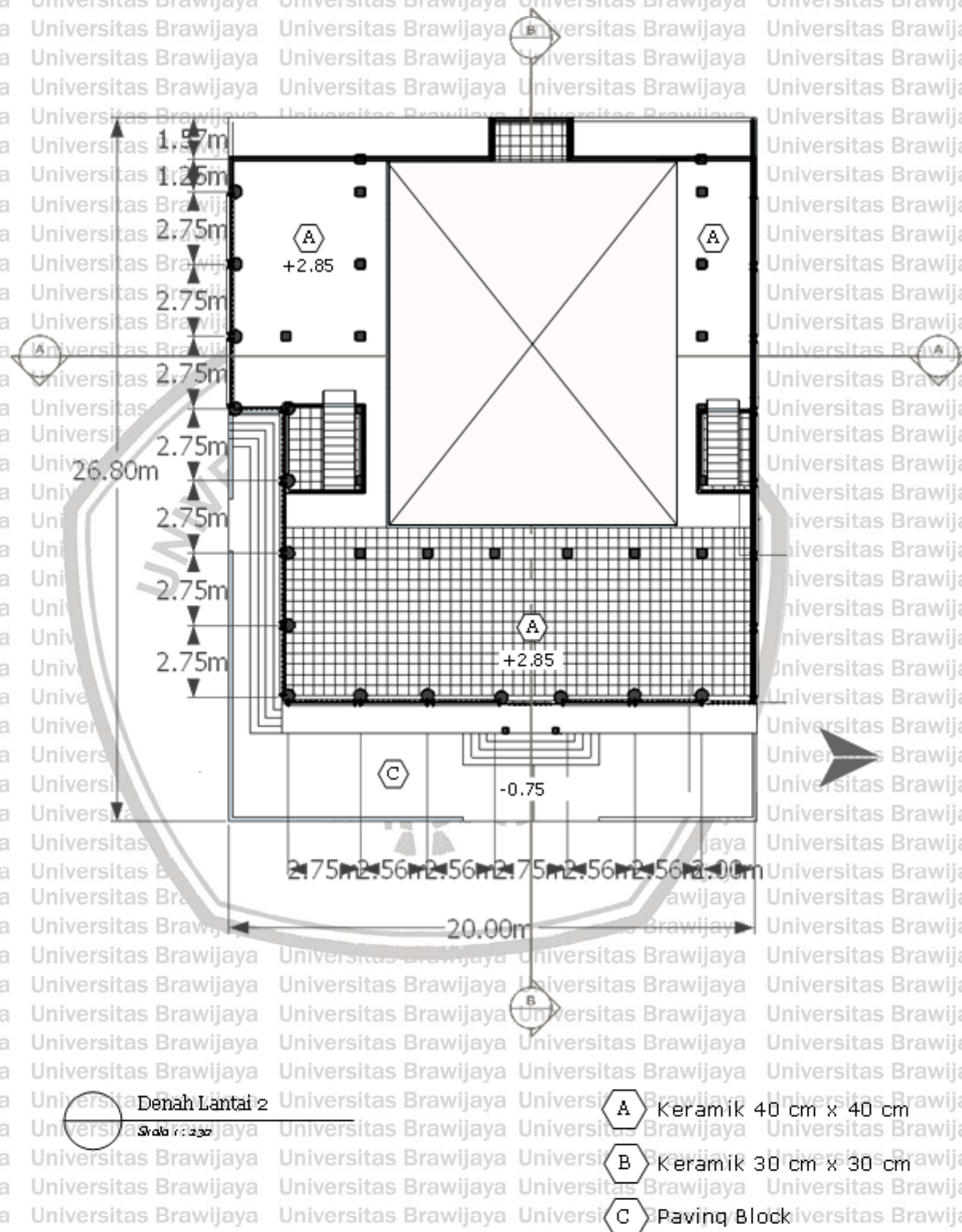
- Khatri, R., Singh, A. P., Khare, V. R. (2017). Identification of Ideal Air Temperatur Distribution using Different Location for Air Conditioner in a Room Integrated with EATHE – A CFD based approach. *Energy Procedia*. 109 (2017) 11 –17.
- Mustaming, S. (2012). *Fungsi Masjid dan Peranannya Sebagai Pusat Ibadah dan Pembinaan Umat*. Kemenag
- Olgyay, V. (1963). *Design with Climate, Bioclimatic Approach and Architecture Regionalism*. Princeton, NJ: Princeton University Press
- Parwanto, M. L. E. (2020). Virus Corona (2019-nCoV) penyebab COVID-19. *Jurnal Biomedika dan Kesehatan*. Vol.3 No.1
- Seputra, J. A. P. (2013). *Evaluasi Performa ventilasi alami pada desain bukaan ruang kelas Universitas Atma jaya Yogyakarta*. KOMPOSISI. Volume 10, No. 3
- Szokolay, S. V. & Auliciems, A. (2007). *Thermal Comfort*. Queensland: PLEA
- Talarosha, B. (2005). Menciptakan Kenyamanan Termal. *Sistem Teknik Industri*.
- Utkucu, D., & Hatice, S. (2020). An Evaluation Process for Natural Ventilation using a Skenario-based Multi-criteria and Multi-Interaction Analysis. *Energy Reports*. 6 (2020) 644-661
- Wang, X., Liu, T., Lee, W. I. (2021). Using Revised ADPIs to Identify an Optimum Positioning for Installation of Reversible Room Air-Conditioners in Bedroom for Maximum Thermal Comfort. *Building and Environment*. 188 (2021) 107333
- WHO. (2009). *Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings*. Australia.
- Xie, C. (2012). *Interactive heat Transfer Simulations for Everyone*. The Physics Teacher. Volume 50, Issue 4, pp. 237-240
- Xin, S., Xu, H., Li, S., Wang, W., Guo, J., Yang, W. (2020). Efficiency Evaluation of a Floor Standing Air Conditioner with Different Installation Positions and Air Supply Parameters Applied to a Large Laboratory. *Journal of Building Engingeering*. 32 (2020) 101701



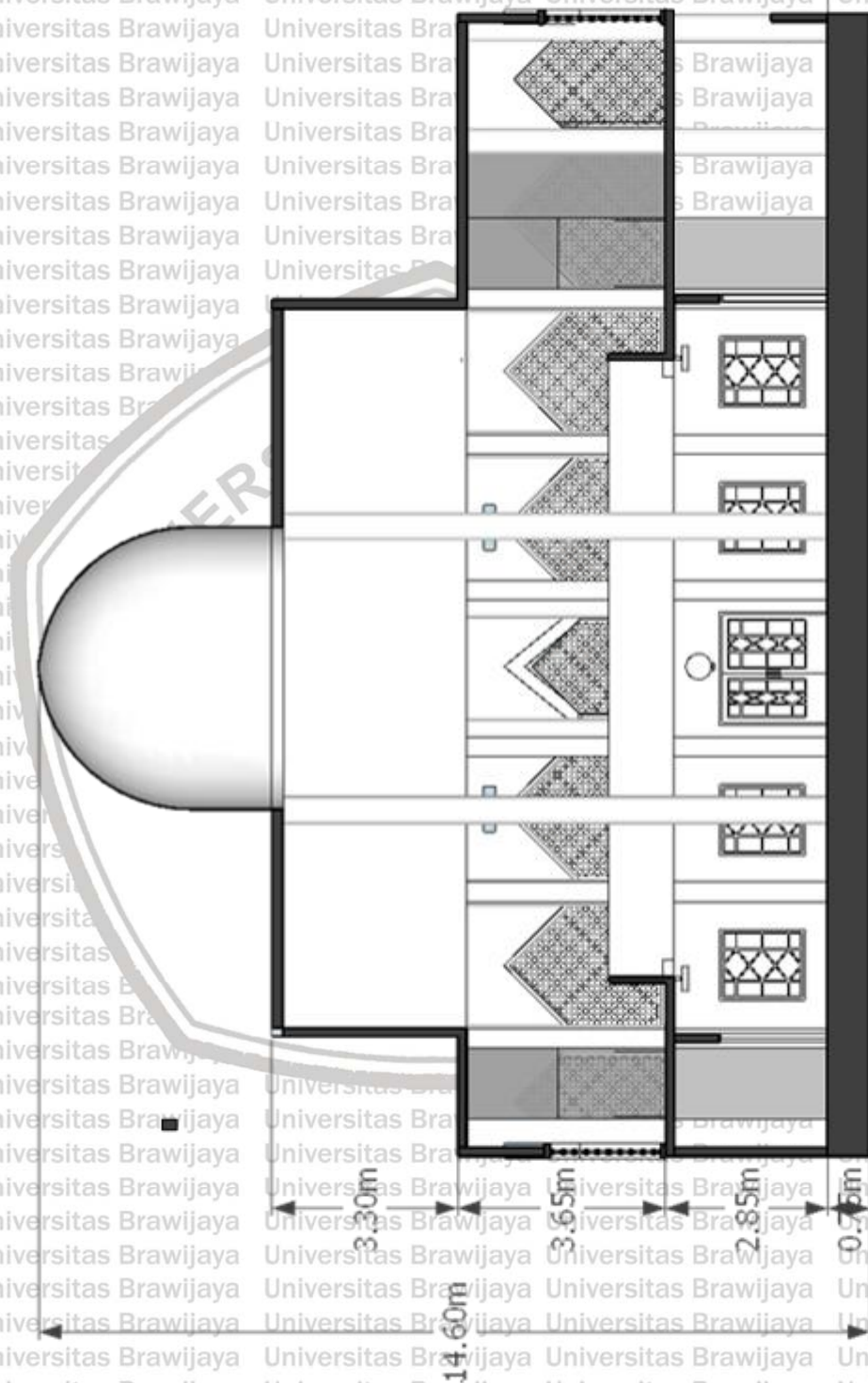
# LAMPIRAN





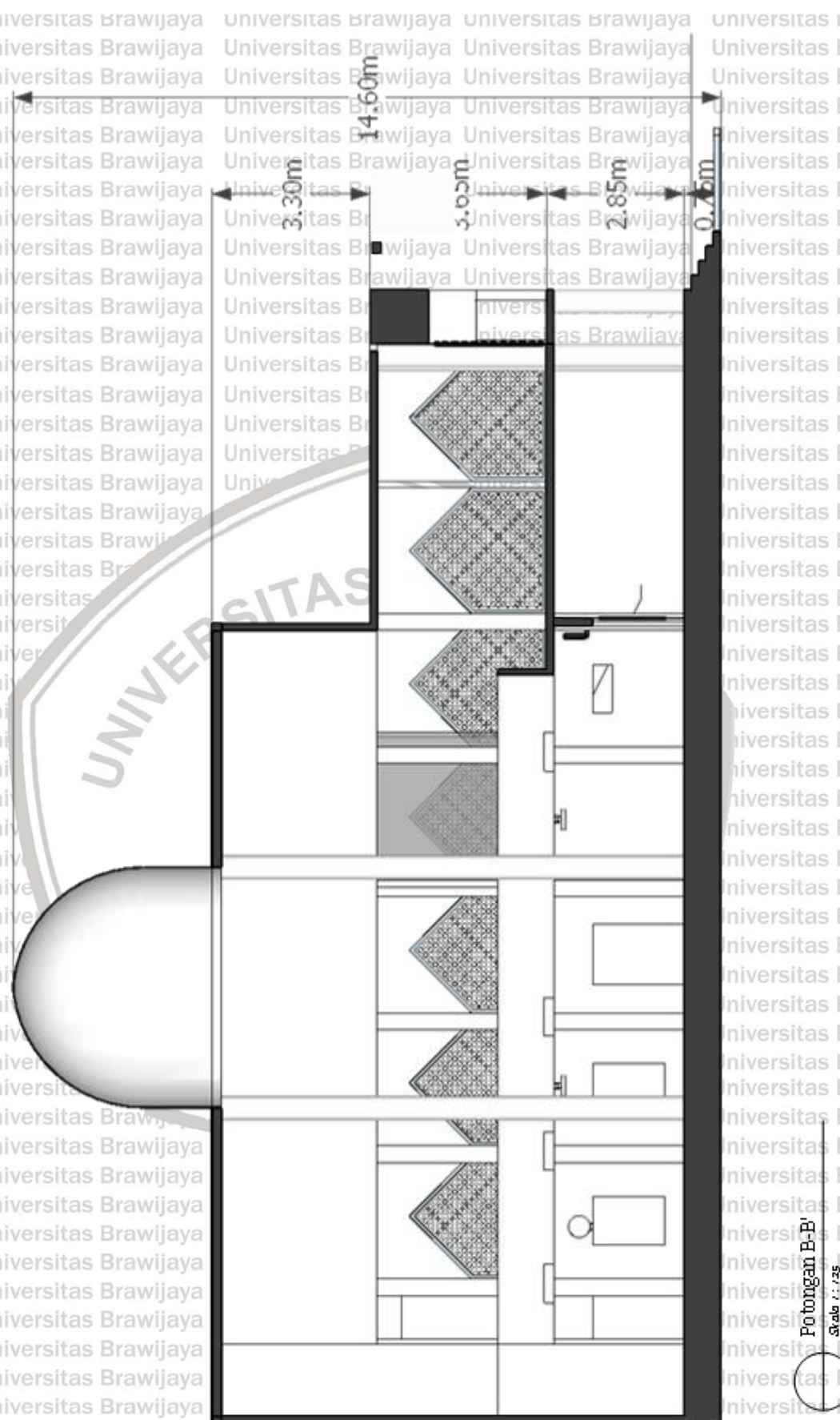




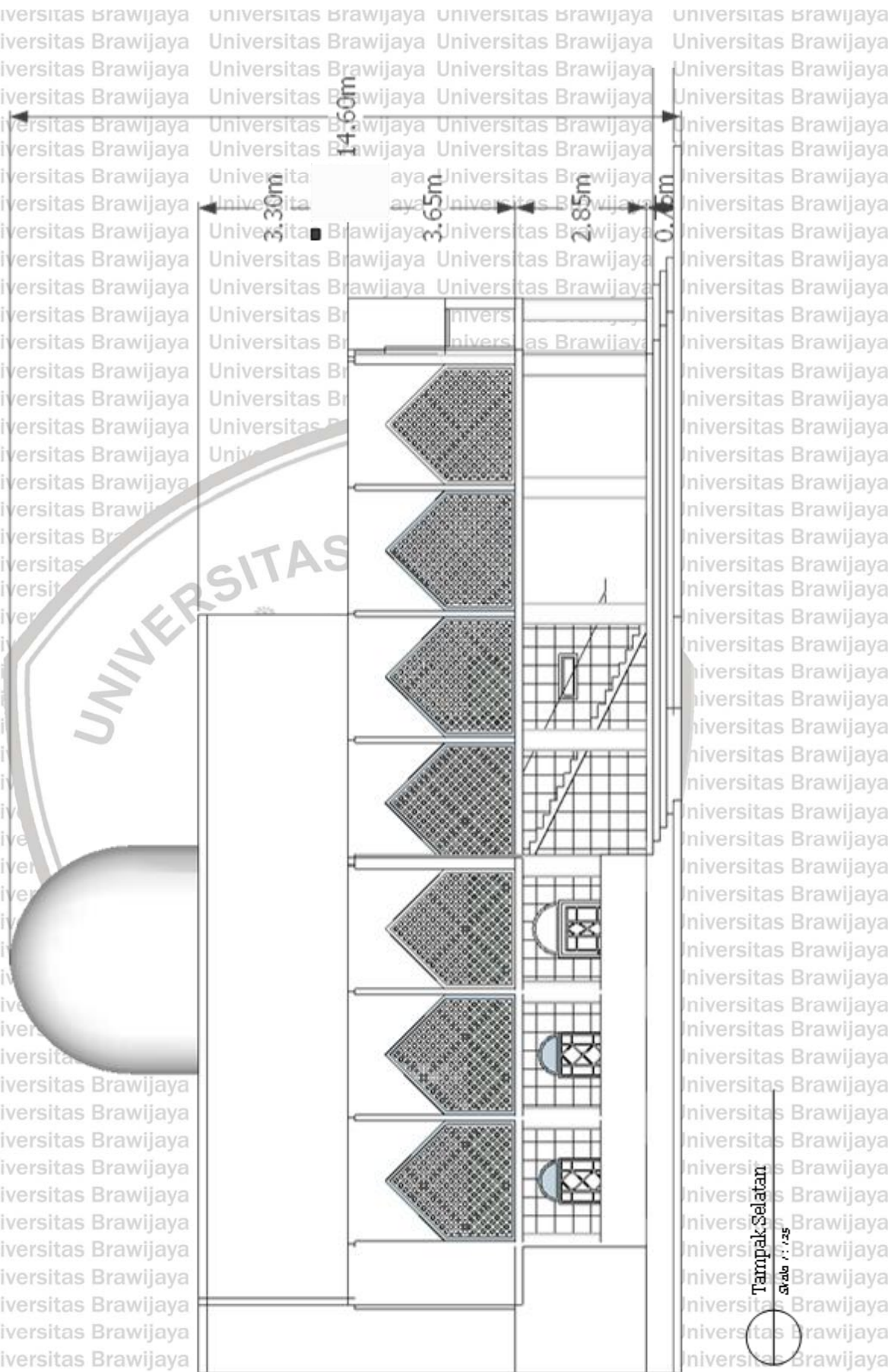


Potongan A-A  
Skala 1:125



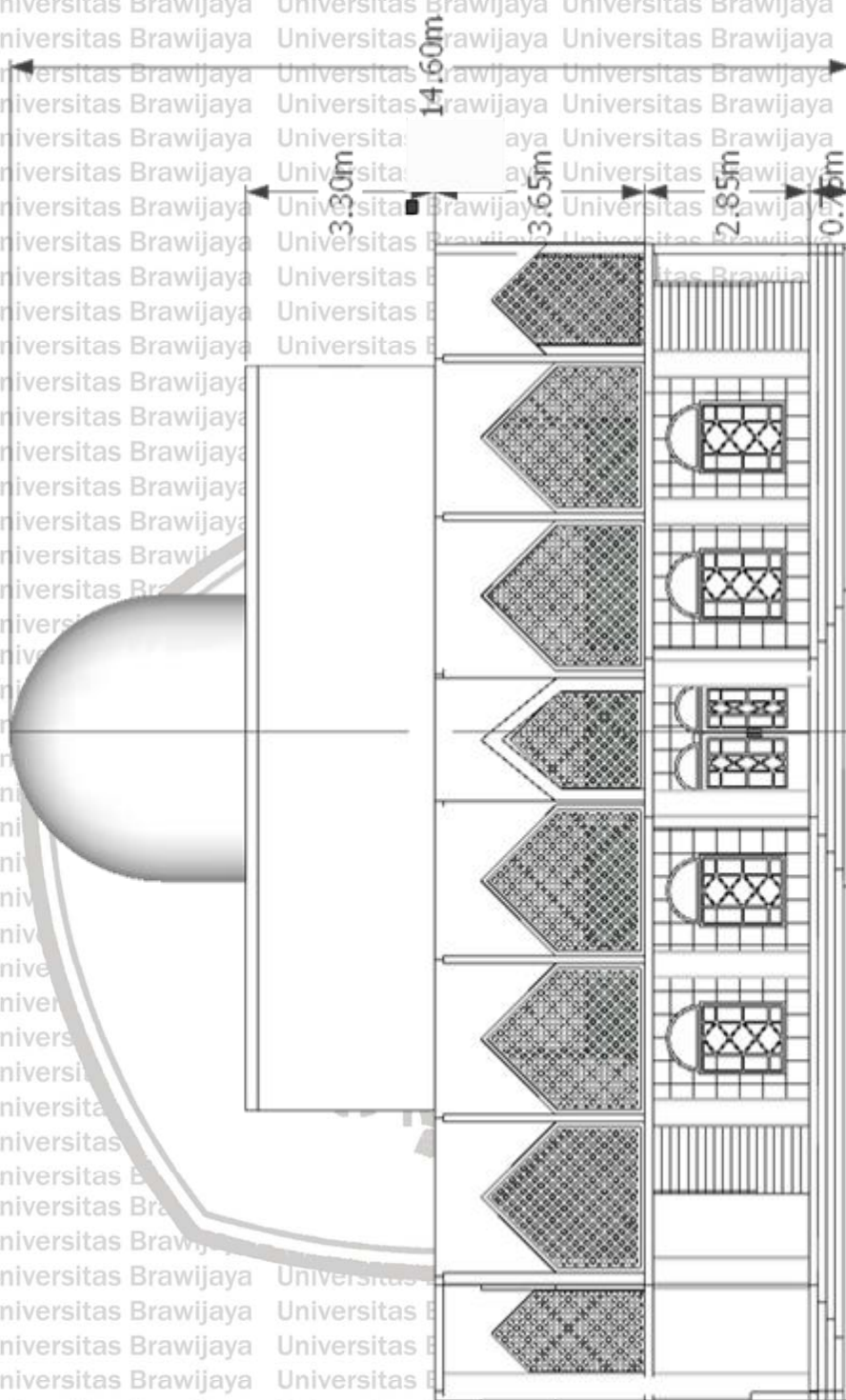






Tampak Selatan  
Skala 1:125

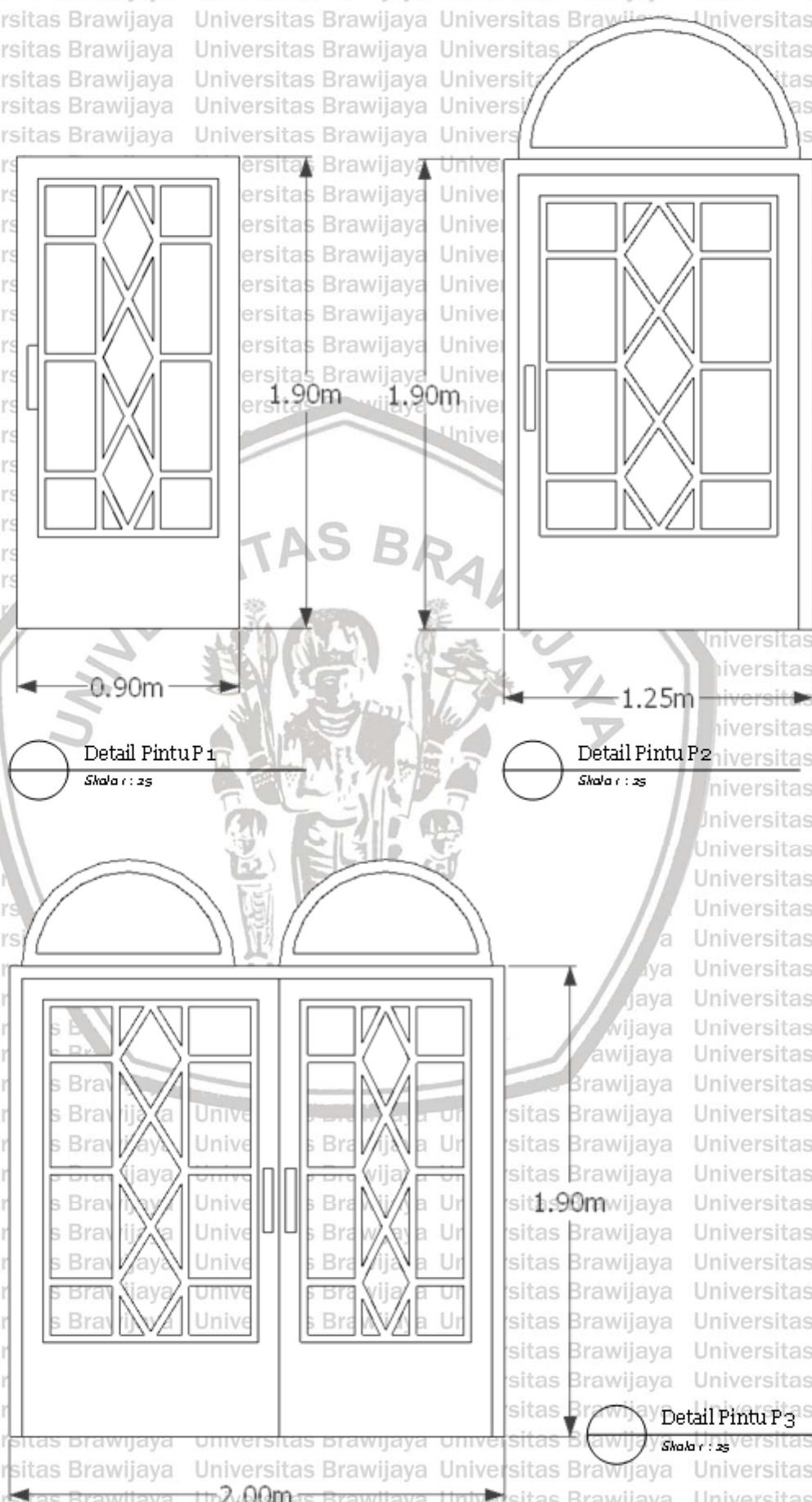




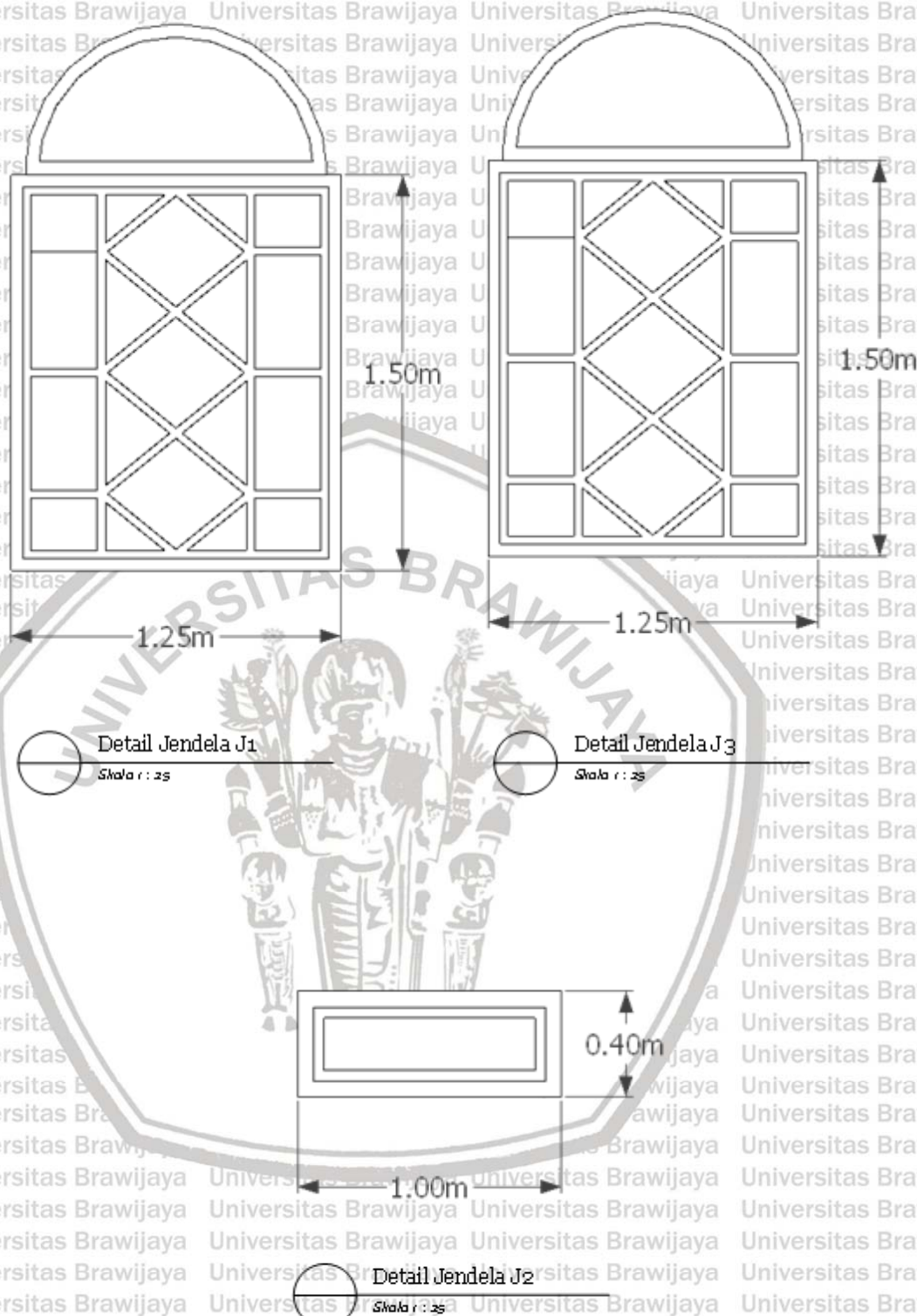
Tampak Timur

Skala : 1 : 25

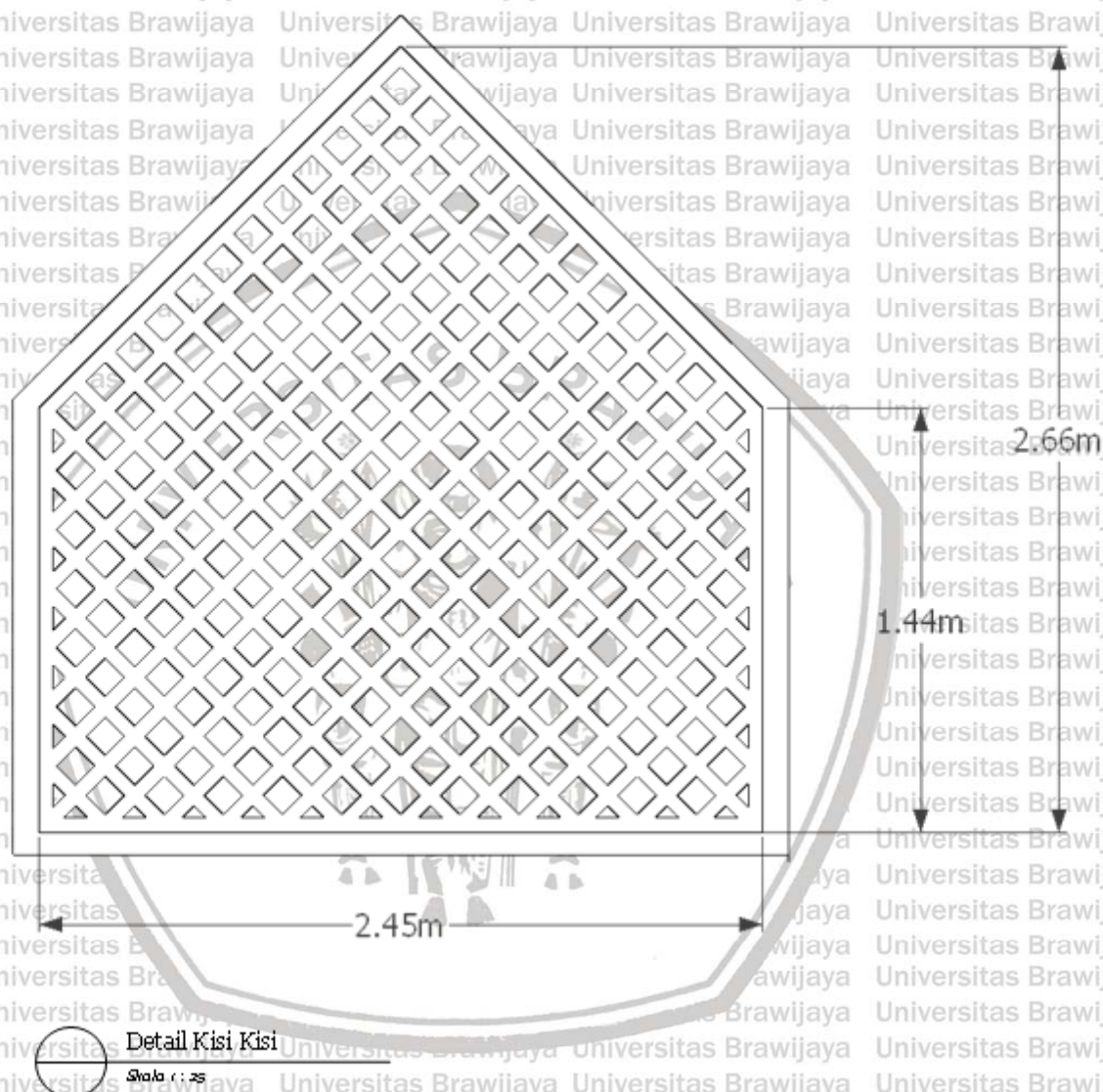




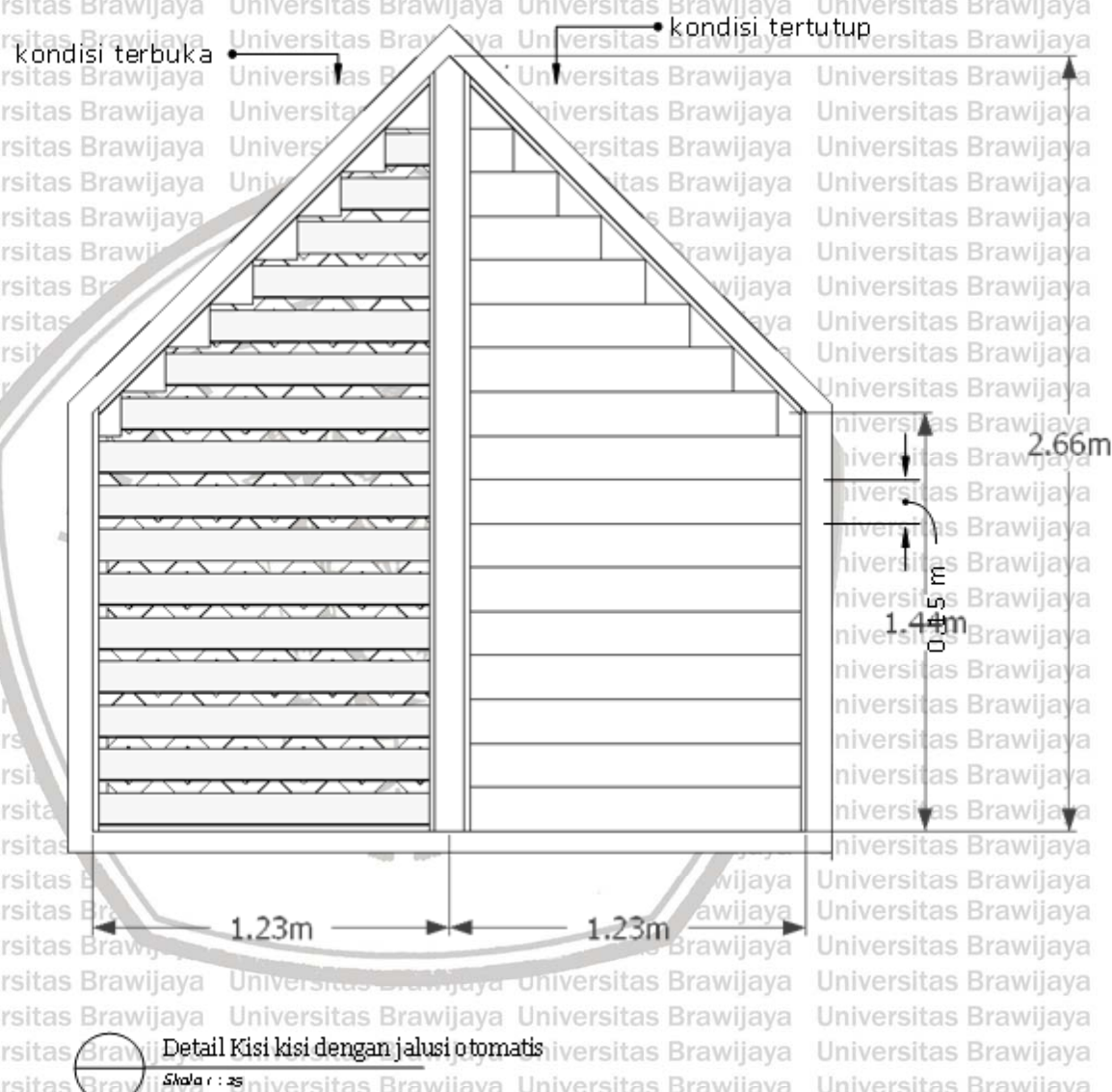




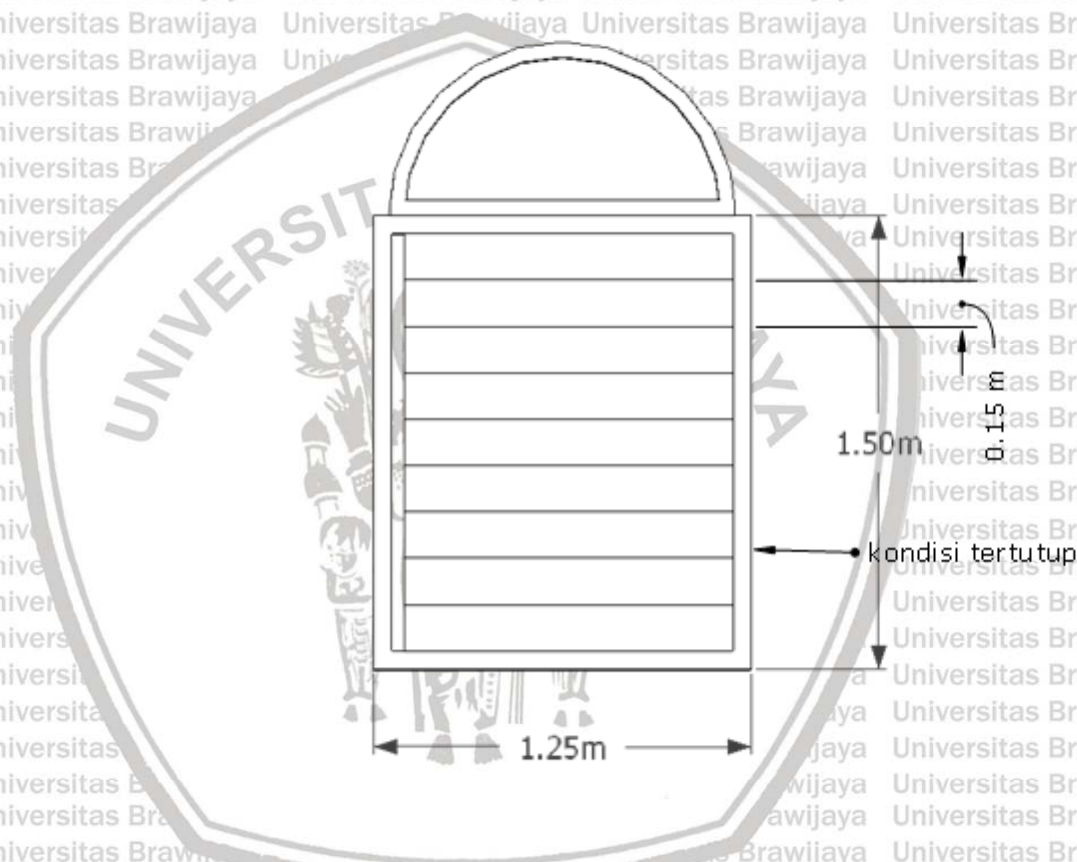












Detail Jendela dengan jalusi otomatis

Skala : 25





KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN ARSITEKTUR

Jl. Mayjend Haryono No. 167 MALANG 65145 Indonesia  
Telp. : +62-341-567486 ; Fax : +62-341-567486  
<http://arsitektur.ub.ac.id> E-mail : [arsftub@ub.ac.id](mailto:arsftub@ub.ac.id)

**US-2a**

**BERITA ACARA REVISI UJIAN SKRIPSI**

**Nama Mahasiswa** : Tita Maharani NIM. 175060500111025  
**Judul Skripsi** : Manajemen Penghawaan Alami dan Buatan pada Masjid Olean Situbondo  
**Periode** : Semester Ganjil/Genap \*) Tahun Akademik 2020 / 2021  
**Dosen Pembimbing** : Wasiska Iyati, ST., MT. NIP. 19870504 201903 2 014

Telah dievaluasi dengan catatan revisi skripsi sebagai berikut :

NO.	CATATAN REVISI PEMBIMBING
	<p>Bagaimana konversi pengaturan kecepatan kipas angin dan fan AC ke dalam teknis operasional ACnya.</p> <p>Pertimbangkan rekomendasi otomatisasi buka-tutup bukaan penghawaan alami.</p> <p>Visualisasi rekomendasi desain saat bukaan penghawaan alami terbuka dan tertutup, pada tabel 3.1. (tambahkan kolom). Masukkan juga jumlah dan titik penempatan AC, krn akan memengaruhi suhu dan distribusi udara maupun temperatur udara.</p> <p>Jenis data di bab 3 diperbaiki.</p> <p>Masukkan sumber referensi acuan suhu AC, variasi kecepatan aliran udaranya di skenario simulasi.</p> <p>Masukkan tabel skala beaufort dan sensasi kecepatan angin tiap kisaran m/detik.</p>

Malang, .....

Dosen Pembimbing

*Wasiska*

Wasiska Iyati, ST., MT.  
NIP. 19870504 201903 2 014  
Catatan:

- \*) Coret yang tidak perlu
- satu kopi untuk mahasiswa





KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN ARSITEKTUR

Jl. Mayjend Haryono No. 167 MALANG 65145 Indonesia  
Telp. : +62-341-567486 ; Fax : +62-341-567486  
<http://arsitektur.ub.ac.id> E-mail : [arsftub@ub.ac.id](mailto:arsftub@ub.ac.id)

**US-2b**

**BERITA ACARA REVISI UJIAN SKRIPSI**

**Nama Mahasiswa** : Tita Maharani NIM. 175060500111025  
**Judul Skripsi** : Manajemen Penghawaan Alami dan Buatan pada Masjid Olean Situbondo  
**Periode** : Semester ~~Ganjil~~/Genap \*) Tahun Akademik 2020 / 2021  
**Dosen Pembimbing** : Wasiska Iyati, ST., MT. NIP. 19870504 201903 2 014

Telah dievaluasi dengan catatan revisi skripsi sebagai berikut :

NO.	CATATAN REVISI PENGUJI
	koreksi : jenis data, metode analisis skenario simulasi : konversi kecepatan udara dan suhu ac

Malang, .....

Dosen Penguji

Jono Wardoyo, ST., MT.  
NIP 19740623 200012 1 001

Catatan:

- \*) Coret yang tidak perlu
- satu kopi untuk mahasiswa





KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN ARSITEKTUR

Jl. Mayjend Haryono No. 167 MALANG 65145 Indonesia  
Telp. : +62-341-567486 ; Fax : +62-341-567486  
<http://arsitektur.ub.ac.id> E-mail : [arsftub@ub.ac.id](mailto:arsftub@ub.ac.id)

**US-2b**

**BERITA ACARA REVISI UJIAN SKRIPSI**

Nama Mahasiswa : Tita Maharani NIM. 175060500111025  
Judul Skripsi : Manajemen Penghawaan Alami dan Buatan pada Masjid Olean Situbondo  
Periode : Semester ~~Ganjil~~/Genap \*) Tahun Akademik 2020 / 2021  
Dosen Pembimbing : Wasiska Iyati, ST., MT. NIP. 19870504 201903 2 014

Telah dievaluasi dengan catatan revisi skripsi sebagai berikut :

NO.	CATATAN REVISI PENGUJI
	Di bagian saran di tambahkan aspek teknis tentang pengaturan jendela dan kipas angin

Malang, .....

Dosen Penguji

Agung Murti Nugroho, ST., MT., Ph.D.  
NIP 19740915 200012 1 2001

Catatan:

- \*) Coret yang tidak perlu
- satu kopi untuk mahasiswa





**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN ARSITEKTUR**

Jl. Mayjend Haryono No. 167 MALANG 65145 Indonesia  
Telp. : +62-341-567486 ; Fax : +62-341-567486  
<http://arsitektur.ub.ac.id> E-mail : [arsftub@ub.ac.id](mailto:arsftub@ub.ac.id)

**FORM CEKLIS REVISI SKRIPSI**

**S-2**

**Nama Mahasiswa** : Tita Maharani NIM. 17506050011025  
**Judul Skripsi** : Manajemen Penghawaan Alami dan Buatan pada Masjid Olean Situbondo  
**Periode** : Semester Ganjil/~~Genap~~\*) Tahun Akademik 2020/ 2021  
**Dosen Pembimbing** : Wasiska Iyati, ST., MT. NIP 19870504 201903 2 014

No	Poin-poin Berita Acara Revisi Dosen Pembimbing	Ceklis Revisi
1	Bagaimana konversi pengaturan kecepatan kipas angin dan fan AC ke dalam teknis operasional ACnya.	✓
2	Pertimbangkan rekomendasi otomatisasi buka-tutup bukaan penghawaan alami	✓
3	Visualisasi rekomendasi desain saat bukaan penghawaan alami terbuka dan tertutup	✓
4	Msukkan juga jumlah dan titik penempatan AC	✓
5	Jenis data di bab 3 diperbaiki	✓
6	Menambahkan sumber referensi acuan suhu AC, variasi kecepatan aliran udara di skenario simulasi	✓
7	Menambahkan tabel skala beaufort dan sensasi kecepatan angin tiap kisaran m/detik	✓

No	Poin-poin Berita Acara Revisi Dosen Penguji-1	Ceklis Revisi
1	Koreksi jenis data dan metode analisis	✓
2	Konversi kecepatan udara dan suhu ac pada skenario simulasi	✓

No	Poin-poin Berita Acara Revisi Dosen Penguji-2	Ceklis Revisi
1	Pada bagian saran ditambahkan aspek teknis tentang pengaturan jendela dan kipas angin	✓

Mengetahui,  
Dosen Pembimbing,



Wasiska Iyati, ST., MT.  
NIP 19870504 201903 2 014

Catatan:  
Dilampirkan pada bagian akhir naskah skripsi